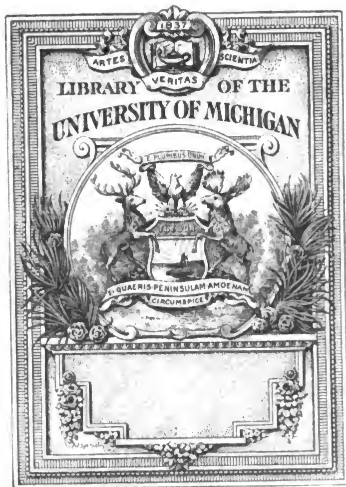


Antike technik

Hermann Diels



1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

ANTIKE TECHNIK

SECHS VORTRÄGE

VON

HERMANN DIELS 1848-

MIT 50 ABBILDUNGEN
UND 9 TAFELN



VERLAG B. G. TEUBNER · LEIPZIG UND BERLIN 1914

RICHARD SCHOENE

IN VEREHRUNG

ZUGEEIGNET

VORWORT

Das vorliegende Büchlein faßt sechs gemeinverständliche Vorträge, die ich an verschiedenen Orten zu verschiedenen Zeiten über das weite Gebiet der antiken Technik gehalten habe, zusammen. Die Salzburger Hochschulvorträge II—V behandeln einzelne auch heute noch interessierende Gegenstände der antiken Technik, der letzte verbreitet sich über die Inkunabeln der Chemie, von denen eine erst in allerjüngster Zeit ans Licht getreten ist, der erste endlich, der die Marburger Philologenversammlung 1913 einleiten durfte, gibt in großen Zügen einen Überblick über das gegenseitige Verhältnis von Technik und Wissenschaft im Altertum.

Den vielfach gleich nach der Abhaltung der Vorträge an mich ergangenen Aufforderungen zur Publikation, die von Zuhörern und Verlegern an mich gerichtet wurden, habe ich (mit Ausnahme des ersten, der anfangs dieses Jahres an anderem Orte, aber in gleichem Verlage wie das jetzige Büchlein erschien) nicht entsprochen, weil ich nichts Vereinzeltes geben wollte. In dieser Zusammenfassung aber, in der ich zwar einiges zugesetzt und abgerundet und einige erläuternde Abbildungen und Anmerkungen zugegeben, sonst aber in der Form des Vortrags nichts geändert habe, mag das Ganze eher seinen Zweck erfüllen. Mein Wunsch war nämlich, an ausgewählten Beispielen weiteren Kreisen zu zeigen, daß das Altertum auch in seinem technischen Streben mit der modernen Welt viel enger verknüpft ist als die dazwischen liegende Zeit des Mittelalters, zugleich aber wünschte ich die zahllosen Fäden bloßzulegen, die teils sichtbar teils unsichtbar diese beiden Welten, die alte und die neue, verknüpfen. Der

Kampf der modernen Technik und Naturwissenschaft gegen die Antike, der das vorige Jahrhundert durchtobte und auch jetzt noch manche enggebaute Stirn bedrückt, beruhte auf einer bedauerlichen gegenseitigen Ignoranz und Halbbildung der beiden sich bekämpfenden Parteien. Die Humanisten, im unklaren Idealismus befangen, kannten die reale Welt des Altertums zu wenig, um ihren Zusammenhang mit den heutigen Realitäten zu begreifen, und die Gegner wiederum wollten von der antiken Hemisphäre unserer europäischen Kultur nichts wissen, weil sie natürlich den Realismus des Altertums noch weniger würdigen konnten als die Humanisten und weil sie dessen Formalismus und Idealismus, den diese allein schätzten, verabscheuten.

Die heutigen klassischen Philologen, die zu der bestgehaßten Spezies der modernen Menschheit gehören, ein wahres *odium generis humani*, erwidern diesen Haß keineswegs. Denn sie wissen, daß Abneigung, die auf Nichtwissen beruht, von selbst verschwindet, sobald das bessere Wissen sich einstellt. Sie haben sich zum größten Teile mit den Realitäten der antiken Kultur ebenso vertraut gemacht wie mit ihren unsterblichen Formschönheiten und ihrer idealen Gedankenwelt. Sie lassen es sich angelegen sein, den modernen, für die Wunder der Technik von Kindesbeinen an begeisterten Menschen geduldig einzuführen in die oft geringen und wirkungslosen Anfänge technischen Denkens, um ihm zu zeigen, daß der Scharfsinn und die Ideenkraft des antiken und speziell der hellenischen Techniten nicht geringer ist als die der modernen Tausendkünstler. Es ist ein weiter Weg von der Idee des Flugzeuges, wie sie die hellenische Phantasie in der mythischen Urgestalt des wunderschaffenden Techniten Daidalos verkörpert hat, bis zu der vollendeten Schöpfung des Grafen Zeppelin! Aber wer die Geschichte der Technik kennt, weiß, daß wir ohne das phantastische Vordenken und tastende Versuchen der alten Künstler und Hand-

werker und ohne die kärglichen und durch die Dumpfheit des Mittelalters durchgeretteten mannigfach verstümmelten Überreste ihrer technischen Literatur nicht den Höhepunkt der industriellen und technischen Kultur erreicht haben würden, auf den die heutige Welt so stolz ist. Wir stehen hoch — wer will es bezweifeln —, aber wir stehen auf den Schultern unzähliger Ahnengeschlechter und vor allem auf den Schultern der hellenischen Denker und Künstler, welche die Götter liebten. So lädt denn dies Büchlein wie einst der ephesische Weise unbefangene Leser, namentlich aus dem Kreise der gebildeten Jugend, ein, getrost in die rauchgeschwärzte Werkstätte einzutreten, wo die Flamme der Esse lodert: *Introite; nam et hic di sunt!*

Berlin, Ostern 1914.

HERMANN DIELS.

INHALT

	Seite
I. Wissenschaft und Technik bei den Hellenen	1
II. Antike Türen und Schlösser	34
III. Dampfmaschine, Automat und Taxameter	50
IV. Antike Telegraphie	64
V. Die antike Artillerie	83
VI. Antike Chemie	108

I

WISSENSCHAFT UND TECHNIK BEI DEN HELLENEN[1]

Die deutsche Philologenversammlung hat vor allem den Zweck, die Männer der Forschung und der Lehre zusammenzuführen, um ihnen eindringlich dadurch zur Anschauung zu bringen, wie sich Theorie und Praxis verbinden müssen, wenn das gemeinsame Ziel unserer Jugendbildung erreicht werden soll, die werdende Generation mit dem Geiste der Wahrheit zu erfüllen, der in Wissenschaft und Kunst, in Religion und Sittlichkeit gleichmäßig walten muß, wenn wir unsere Kultur wirklich weiter und höher führen wollen.

Indem sich also in diesen festlichen Tagen Lehre und Leben, Erfinden und Anwenden, gelehrtes Wissen und pädagogische Kunst enger als sonst verbinden, erscheint es nicht unangemessen, zum Beginn dieser Tagung an dem Bilde der griechischen Kultur, die wohl noch immer in unseren Philologenversammlungen als paradigmatisch vorgeführt werden darf, die wohltätige Beeinflussung aufzuzeigen, durch die Wissenschaft und Praxis sich gegenseitig befruchten. Ich denke dabei nicht vornehmlich an Schulwissenschaft und Schulpraxis, obgleich ich zum Schlusse auch diese wichtigen Beziehungen berühren werde, sondern ich fasse das ganze Gebiet der Wissenschaften und Techniken ins Auge, ohne jedoch die unendliche Vielgestaltig-

---

1) Vortrag, gehalten in der Eröffnungssitzung des Marburger Philologentages am 30. September 1913. Abgedruckt in den *Neuen Jahrb. f. d. kl. Altert.* 1914. I. Abt. 23. Bd. S. 1—17.

keit der Erscheinungen auch nur andeutungsweise erschöpfen zu wollen. Denn es wäre übel, in oberflächlicher Polymathie über Dinge reden zu wollen, die einiges Sachverständnis voraussetzen, und durch geistreiche Allgemeinheiten die Einsicht in die Einzelheiten ersetzen zu wollen, ohne die es kein wahres Wissen gibt. Ich werde daher das Thema mit absichtlicher Unvollständigkeit so behandeln, daß ich einzelne Streiflichter auf bestimmte Gebiete und Stadien der Entwicklung fallen lasse, die meinen besonderen Studien näher liegen und als lehrreiche Beispiele dienen können.

Unter den alten Kulturvölkern ist das Hellenentum so spät hervorgetreten, daß die meisten technischen Erfindungen, deren man sich in Krieg und Frieden bediente, schon lange gemacht und überallhin verbreitet waren. Längst hatten die Jägervölker Speer, Pfeil und Bogen erfunden, längst hatte der Ackerbau Wagen und Pflug zu bauen gelehrt, längst durchfuhren raubende und handelnde Schiffer die weiten Meere, ehe der Hellene in die Geschichte eintrat. Ich muß auch die mykenische Kultur übergehen. Denn so hochbedeutsam, auch in technischer Beziehung, diese Blüteperiode der vorhellenischen Geschichte sich erweist, mit der hellenischen Wissenschaft hat weder diese Kultur selbst noch die poetische Verklärung, welche später die homerische Poesie dieser Heroenzeit widmete, irgend etwas zu tun. Man spürt höchstens in dem selbstbewußten, freien Tone, den gegenüber Gott und der Welt das heroische Epos anschlägt, den autonomen Herrengeist, der den Griechen zum Philosophen, zum Mann der Wissenschaft κατ' ἐξοχήν gemacht hat. Man spürt ferner in dem Einheitsdrange, mit dem Homer die politischen und religiösen Sonderanschauungen der verschiedenen Griechenstämme zusammenschaut und künstlerisch darstellt, etwas von dem rationalistischen Trieb nach Vereinheitlichung und Verallgemeine-

rung, den die griechische Naturwissenschaft von ihren ersten Anfängen an gezeigt hat. In Hesiods Muse ist sogar dieser halbphilosophische Drang nach Systematik teilweise bereits zu äußerlichem Schematismus erstarrt.

Wir richten vielmehr unsern Blick auf die ehrwürdigen Inkunabeln griechischer Wissenschaft, die das sterbende Ionien im 6. vorchr. Jahrh. als teuerstes Vermächtnis der Welt hinterlassen hat. An der Spitze steht der Milesier Thales, den die Legende bald als weltvergessenen Sterngucker darstellt, der bei seinen nächtlichen Himmelsbeobachtungen in den Brunnen fällt, bald als berechnenden Kaufmann, der die Ölkonjunktur schlau auszunützen versteht. Die ernste Historie aber kennt ihn als Techniker. Der älteste Zeuge zwar, der ihn erwähnt, Xenophanes bewunderte seine astronomische Kunst, durch die es ihm gelang, Sonnenfinsternisse vorauszusagen. Aber Herodot, der über diesen Triumph der Astronomie uns die genaueste, wenn auch chronologisch falsch orientierte, Nachricht überliefert hat, deutet doch für den Eingeweihten vernehmlich genug an[1]), daß nicht etwa bereits wissenschaftliche Einsicht in die Bewegung der Gestirne den Milesier zur Vorhersage befähigt hatte, sondern eine empirisch erprobte, vermutlich von den Chaldäern ent-

---

1) I 74 *τὴν δὲ μεταλλαγὴν ταύτην τῆς ἡμέρης Θαλῆς ὁ Μιλήσιος τοῖσι Ἴωσι προηγόρευσε ἔσεσθαι οὖρον προθέμενος ἐνιαυτὸν τοῦτον, ἐν τῷ δὴ καὶ ἐγένετο ἡ μεταβολή.* Thales kannte die von den Chaldäern gefundene Sarosformel, nach der die Finsternisse in einem Zyklus von 18 Jahren 11 Tagen (die Tage sind ungenau) sich wiederholen. Da er nun die am 18. Mai 603 eingetretene große Sonnenfinsternis wahrscheinlich in Ägypten beobachten konnte, durfte er rechnen, daß nach 603 + 18 Jahren, also etwas nach dem 18. Mai 585, aber vor Ablauf des *ἐνιαυτός* (d. h. genauer des Sommersolstitiums nach der einleuchtenden Etymologie von C. Brugmann, Idg. Forsch. XV 87), d. h. vor Ablauf des Juni 585 die Finsternis stattfinden würde. In der Tat fand die Finsternis am 22. Mai dieses Jahres statt. Das richtige Jahr war den antiken Chronologen, wahrscheinlich aus Xanthos, bekannt. S. meine *Vorsokratiker* 1 A 5 (I[3] 7, 21).

lehnte Wahrscheinlichkeitsrechnung. Er war also auf dem Gebiete der Sternkunde wohl kein Mann der Wissenschaft, sondern ein Technite, freilich einer, der mehr weiß und kann als seine Landsleute und die umwohnenden Barbaren. Wenigstens erhielt sich bis zu Herodots Zeit das Gerücht, er sei von Kroisos vor der Schlacht am Halys zur Ableitung des Stromes herangezogen worden.[1]) Der Historiker verwirft freilich diese Erzählung und läßt das lydische Heer auf den gewöhnlichen Brücken über den Halys rücken. Wenn er damit recht hat, so muß die Legende im 5. Jahrh. jedenfalls solche Künste der Wasserbautechnik dem berühmten Astronomen zugetraut haben. In der Tat wissen wir jetzt, daß Xerxes die berühmten Schiffsbrücken über den Hellespont, die dem Strom und dem Sturme besser standhielten als die vorher von den ägyptischen und phönikischen Ingenieuren erbauten[2]) durch Harpalos[3]) herstellen ließ, der doch wohl mit Recht mit dem Astronomen identifiziert worden ist, der zwischen Kleostratos von Tenedos und Meton, d. h. zwischen der zweiten Hälfte des 6. und der zweiten Häfte des 5. Jahrh., gelebt haben muß. Er hat sich durch die Verbesserung der Oktaëteris des Kleostratos einen Namen gemacht. Da die babylonische Astronomie bis tief in das 6. Jahrh. hinein weder den achtjährigen noch den neunzehnjährigen Schaltzyklus kennt[4]), so darf man diese Kalenderordnnng, die auf dem Festlande sicher bis in das 7. Jahrh. hinaufreicht, als eine echt hellenische Observation

1) Herod. I 75.

2) Herod. VII 34. Die Überreste der ungeheuren Taue sah Herodot wohl in Athen (IX 21).

3) *Laterculi Alexandrini* 8, 8 (Abh. d. Berl. Ak. 1904 S. 8), von Rehm, Pauly-W. R.-Enc. VII 2401 und Ginzel, *Chronologie* II 386 übersehen. S. unten S. 26[3].

4) Boll, *Entwicklung d. astron. Weltbildes* (*Kultur d. Gegenw.* III 3, Sonderabdr.) S. 27.





Tafel I.



Fragment eines Steckkalenders aus Milet (109 v. Chr.).

Umschrift:

Linke Spalte

• ἐν τοξ]ότηι ὁ ἥλιος
• ὠρίων] ἑῷος δύνει καὶ προ-
κύων ἑ]ῷος δύνει
• κύων ἑ]ῷος δύνει
• τοξό]της ἄρχεται ἑῷος ἐ-
πιτέ]λλων καὶ περσεὺς ὅ-
λος ἑ]ῷος δύνει
• •
• σκ]ορπίου τὸ κέντρον ἐπι-
τέ]λλει ἑῷον
• •
• τ]όξευμα ἑῷον ἐπιτέλλει
• ἰχ]θὺς ὁ νότιος ἄρχεται ἀκρό-
ν]υχος δύνειν
• ἀε]τὸς ἑῷος ἐπιτέλλει
• δίδυμ]οι μεσοῦσι δυόμε-
νοι]

Rechte (mittlere) Spalte

ἐν τοῖς αὐτοῖς
• •
Λ
• ἐν ὑδροχόωι ὁ ἥλιος
• [λέων] ἑῷος ἄρχεται δύνων
καὶ λύρα δύνει
• •
• ὄρνις ἀκρόνυχος ἄρχεται δύνων
• • • • • • • • • •
• ἀνδρομέδα ἄρχεται ἑῴα ἐπι-
τέλλειν
• •
• ὑδροχόος μεσοῖ ἀνατέλλων
• ἵππος ἑῷος ἄρχεται ἐπι-
τέλλειν
•
• κένταυρος ὅλος ἑῷος δύνει
• ὕδρος ὅλος ἑῷος δύνει
• κῆτος ἄρχεται ἀκρόνυχον
δύνειν
✕ • οἰστὸς δύνει, ζεφύρων ὥ-
ρα συνεχῶν
• • • •
• ὄρνις ὅλος ἀκρόνυχος δύνει
• [ἀρκτοῦρος] ἀκρόνυχος ἐπι-
[τέλλει]

betrachten, der die ionischen Astronomen immer mehr wissenschaftliche Sicherheit und praktische Brauchbarkeit zu geben suchten. Wie praktisch diese antiken Kalender eingerichtet waren, ersieht man aus den Bruchstücken zweier „Steckkalender", griech. παραπήγματα (Tafel I), die sich bei den deutschen Ausgrabungen in Milet vor zehn Jahren gefunden haben.[1]) Sie waren nach dem Muster des von Meton i. J. 432 v. Chr. in Athen aufgestellten öffentlichen Kalendariums, auf das verwiesen wird, eingerichtet. Durch das Beistecken von Bronzetäfelchen mit den Monatsnamen und Tagesziffern des veränderlichen zivilen Kalenders in die Löcher, die an der Seite oder zwischen den Zeilen des in Marmor eingegrabenen ewigen Sternkalenders angebracht waren, hatte man ein bequemes Mittel gefunden, das unveränderliche Sonnenjahr, die Stern-Auf- und -Untergänge und die damit verbundenen Wetteranzeigen mit dem offiziellen Kalender der Stadt in Verbindung zu setzen. Es ist kein Zweifel, daß zwar nicht die gefundenen Exemplare, wohl aber die ganze Einrichtung in Milet uralt und mit den Studien der milesischen Astronomen eng verknüpft war.

Da die milesische Schule des Thales durch Kleostratos auf Tenedos fortgesetzt worden zu sein scheint[2]), der auf dem gegenüberliegenden Berge Ida (1750 m) sein Observatorium errichtet hatte[3]), so gehört vielleicht auch Harpalos, der seinen Kalender rektifizierte, in diese Reihe. Dann begriffe man, wie ein in Tenedos lebender Techniker, der die schwierigen Flutverhältnisse in den Dardanellen aus der Nähe beobachtet hatte (die ionische Astronomie dient ja von Thales und Kleostratos her den praktischen

---

1) Diels und Rehm, *Parapegmenfragmente aus Milet*, *Berl. Sitz.-Ber.* 1904, 92 ff. Vgl. Dessau ebd. S. 266.

2) *Vors.* I³ 8, 40 Note; II³ 197.

3) Theophr. De sign. 4 (*Vors.* II³ 197, 8).

Aufgaben des milesischen Handels, der das Schwarze Meer als seine Domäne ansah), seine Brückenkonstruktion mit besserem Erfolge einrichten konnte als die fremden Ingenieure.

Aber das großartige Werk des Harpalos steht nicht allein da. Schon vor Xerxes hatten ionische Techniker ähnliches geleistet. Herodot sah in seiner Jugend im Heratempel zu Samos ein Bild, das die für Dareios im Feldzug gegen die Skythen bei Byzanz über den Bosporus geschlagene Schiffsbrücke darstellte. Er berichtet darüber[1]): „Dareios war über den Brückenbau sehr erfreut und beschenkte den Architekten Mandrokles aus Samos über und über. Von diesen Geschenken stiftete Mandrokles als Weihgabe ein Bild, das die Überbrückung des Bosporus und den König Dareios auf seinem Throne und sein Heer, wie es hinüberzieht, darstellte. Dieses Bild, das er in dem Heratempel stiftete, trug folgende Inschrift:

> Der die Brücke gebaut jüngst über des Bosporos Fluten,
> Mandrokles hat geweiht Hera zu Ehren das Bild.
> Für sich selber gewann er den Kranz, für die Samier Weltruhm,
> Und das vollendete Werk ward auch vom König belobt."

Dieser samische Ingenieur, der sich durch seine Weihinschrift die Unsterblichkeit gesichert hat, ist ein Landsmann und Zeitgenosse des Pythagoras, der freilich damals bereits seine Heimat verlassen hatte. Wenn Heraklit der Ephesier, der doch wohl hauptsächlich durch das Wirken des Philosophen in Samos Kunde von ihm erhalten hat, ihn gerade wegen seiner Polymathie tadelt[2]), so muß er sich doch wohl in seiner Heimat nicht bloß durch seine Zahlentheorie und seine Seelenwanderungslehre bekannt gemacht haben. Wir dürfen vielmehr vermuten, daß dieser eminente Mathematiker (wie Thales, Anaximander und die

1) IV 87. 88. 2) *Vors.* 12 B 40.

anderen Astronomen dieser Zeit) auch ein hervorragender, auf vielen Gebieten beschlagener Praktiker war, der seine Anregung und Ausbildung einer damals ungewöhnlich hohen technischen Kultur seiner Heimatinsel verdankte. Der Heratempel in Samos galt Herodot als eines der ersten Bauwerke der Welt. Die neuen Ausgrabungen Wiegands haben eine durch die Eurhythmie der Verhältnisse bewundernswerte Schönheit des alten, nach dem Sturz des Polykrates zerstörten Tempels herausgestellt.[1]) Ob das Schema nach dem Hexagramm entworfen ist, das jüngst Odilo Wolff als die Norm der antiken Tempel hat erweisen wollen[2]), oder nach der Dreiecksberechnung, die Rob. Reinhardt am Theseion in Athen und am Tempel der Aphaia in Ägina erprobt hat, mögen die Fachleute entscheiden.[3]) Aber auch die einfachen Proportionen, die Wiegand festgestellt hat, zeigen, daß der Architekt, mag es Theodoros oder Rhoikos sein, seinen Grundriß mathematisch durchdacht hat. Noch weiter führt das andere von Herodot[4]) gepriesene Wunderwerk von Samos, die ebenfalls durch deutsche Forschungen wiederentdeckte Wasserleitung des Eupalinos[5]), die durch den über Samos sich erhebenden Berg Kastro vermittelst eines kilometerlangen Tunnels aus der jenseits des Berges liegenden Quelle in die Stadt geführt wurde (Abb. 1, S. 8). Uns interessiert an diesem Werke besonders die Frage, wie die von beiden Seiten zugleich in Angriff genommene Durchbohrung wissenschaftlich vorbereitet wurde, d. h. wie

---

1) Wiegand, I. *Bericht über die Ausgrab. in Samos* (*Abh. d. Berl. Ak.* 1911) S. 19.

2) O. Wolff, *Tempelmaße*, Wien 1912.

3) R. Reinhardt, *Die Gesetzmäßigkeit der gr. Baukunst* I. *Der Theseustempel in Athen*, Stuttg. 1903. Vgl. J. Durm, *Z. d. Verb. D. Architekten und Ing.-Vereine*, 1912 Nr. 22 S. 190 ff.; Nr. 23 S. 200 ff.

4) III 60.

5) Fabricius, *Athen. Mitt.* IX (1884) S. 165 ff.

leitung mitten durch den Berg zu legen. Denn daß Megara selbst, das damals längst in seiner Blüte geknickt war, diese hohe geodätische Leistung hätte hervorbringen können, ist sehr unwahrscheinlich. Freilich weder das Festland noch Samos, sondern Milet ist der eigentliche Ausgangspunkt für die wissenschaftliche Bewegung geworden, ohne die auch Pythagoras nicht zu denken ist. Ich gehe nicht so weit wie Haeckel, der jüngst auf dem Monistenkongreß in Düsseldorf in der Weltgeschichte überhaupt nur drei große Philosophen (abgesehen von sich selbst) anerkannt hat[1]: Anaximander und Anaximenes von Milet und als dritten Wilhelm Ostwald von Riga. Allein auch mir steht fest, daß ohne Anaximanders geniale Intuition weder Pythagoras noch Heraklit denkbar sind. Aber dieser außerordentliche Mann war kein Stubengelehrter. Er ist groß geworden in der frischen Seeluft Milets, dessen überseeische Handelspolitik ihn auch zu praktischem Eingreifen veranlaßte. Er leitete die Kolonisation von Apollonia am Pontos, er gab seinen Landsleuten zur Orientierung die erste Weltkarte in die Hand, die dann erweitert durch Hekataios lange Zeit maßgebend blieb, er entwarf ihnen auch eine Himmelskarte zur Orientierung der Schiffer bei Nacht. Nach solchen unmittelbar der Praxis dienenden Leistungen versteht man, warum die Milesier ihrem Mitbürger eine Ehrenstatue errichteten (Abb. 3), deren Überreste bei den deutschen Ausgrabungen sich gefunden und im Berliner Museum nunmehr ihren Ehrenplatz erhalten haben.[2]

Allein in diesen praktischen Betätigungen setzt Anaximander nur das Werk des Thales fort. Weit über ihn hinaus schritt er durch seine philosophischen und astronomischen Spekulationen. Nicht ein sinnlich wahrnehmbarer

1) Bericht der *Tägl. Rundschau* 12. Sept. 1913.

2) Die Zeugnisse über Anaximandros stehen *Vors.* 1³ 14—21.

Urstoff liegt dem Universum zugrunde, sondern das in ewiger Bewegung, in wechselnder Ausgestaltung und Rückbildung befindliche Unendliche. Unsere Erde und der sie umgebende Kosmos ist nur ein vorübergehender Spezialfall der Emanation des Unendlichen. Vor uns, nach uns, neben uns werden unzählige Welten aus dem *Ἄπειρον* ausgeschieden. Aber sosehr diese Aussonderungen mit dem Stempel der Vernichtung, wie alles Irdische, versehen sind, sie tragen doch die Spuren des höheren, ewigen Ursprungs in sich in ihrer Wohlordnung. Der Hellene definiert die Schönheit als das richtige Verhältnis der Proportionen. So faßt Anaximander die regelmäßige Bewegung der Gestirne, deren kreisförmige Bahnen er zuerst aus seinen astronomischen Beobachtungen erschlossen hatte, als eine Harmonie der Sphären auf, die er durch die symmetrisch geordneten Abstände dieser Gestirnbahnen verdeutlichte. Dabei spielten die uralte heilige Dreizahl und ihre Vielfachen eine geheimnisvolle Rolle. Die Erde selbst ist für Anaximander noch eine flache Walze im Zentrum der Bewegung. Ihre Höhe steht zur Breite in dem Verhältnis von 1 : 3. Drei Gestirnsphären umkreisen sie: der Sternkreis, der Mondkreis und der Sonnenkreis, deren Abstände, wie es scheint, auf 9, 18 und 27 Erddurchmesser angenommen wurden. So kindlich diese Zahlen einer fortgeschritteneren Wissenschaft erscheinen müssen, der Grundgedanke einer in Zahlen ausdrückbaren Harmonie unseres Weltsystems

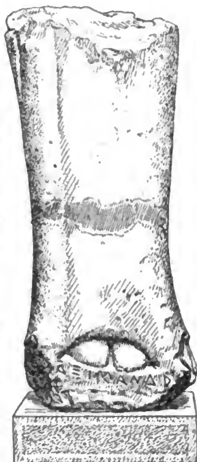


Abb. 3. Erhaltener Unterteil der Anaximandros in Milet errichteten Ehrenbildsäule. (6. Jahrhundert.)

war richtig. Wer Anaximanders Sphärentheorie betrachtet, wird an die Worte Schillers erinnert, mit denen er das Erwachen der hellenischen Wissenschaft in den „Künstlern“ feiert:

> In selbstgefäll'ger, jugendlicher Freude
> Leiht er den Sphären seine Harmonie,
> Und preiset er das Weltgebäude,
> So prangt es durch die Symmetrie.[1])

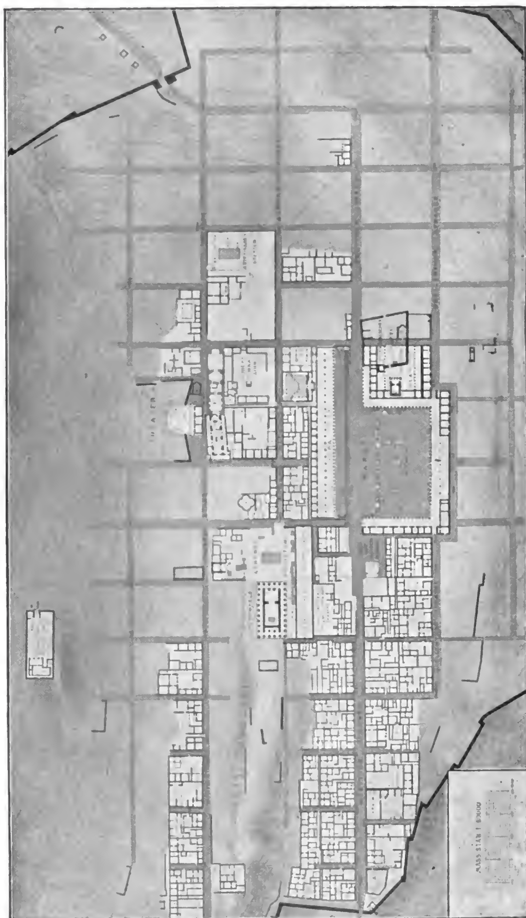
Gewiß, die Symmetrie ist es, die Platon wiederholt als das Kennzeichen der Schönheit und Wahrheit angibt.[2]) Die *μέτρα* sind es, welche die Bahnen der Sonne und nicht minder die Grenzen des menschlichen und des kosmischen Lebens bei Heraklit bestimmen. Die Proportion, der Logos ist es, der dem pendelnden Wechsel von Entstehen und Vergehen seine unüberschreitbaren Grenzen setzt. Wie Heraklit in dieser Anerkennung des mathematischen Gesetzes sich als Schüler Anaximanders ausweist, so hat sich Pythagoras durch seine exakten Beobachtungen z. B. der musikalischen Intervalle und durch seine Fortschritte in der eigentlichen Mathematik und Himmelskunde noch enger an die milesische Schule angeschlossen. Leider ist das einzelne seiner persönlichen Tätigkeit schwer abzutrennen von der außerordentlichen Rührigkeit der durch ihn gegründeten italischen Schule. Durch die Erfolge dieser Schule hat sich im 5. Jahrh. die Meinung in weite Kreise verbreitet, das ganze physische und geistige Leben des Menschen lasse sich wie ein Rechenexempel mit Zahlen begreifen. Das Rechnen, die *ratio*, ergreift die Menschheit, und der Kampf mit dem Irrationellen wird auf der ganzen Linie aufgenommen. Die hervorragendsten Köpfe zermartern sich an

---

1) S. meinen Aufsatz *Über Anaximanders Kosmos* im *Archiv f. Gesch. d. Philos.* X (1897) S. 228—237.

2) Phileb. 64 E. S. Trendelenburg, *Kleine Schr.* II 316 ff.; Kalkmann, 53. Winckelmannsprogr., Berl. 1893 S. 4 ff.

Tafel II.



Plan von Priene.

Diels: Antike Technik

der Quadratur des Zirkels, alles soll mit Richtscheit und Lineal geordnet, alles mit der Zahl gemeistert werden. Der Paroxysmus des Rationalismus erfaßte vor allem die Technik. Ich begnüge mich, an zwei Beispiele aus der zweiten Hälfte des Jahrhunderts der Aufklärung zu erinnern: an Hippodamos von Milet und Polykleitos von Argos.

Hippodamos, der Landsmann Anaximanders, hat sich zwar auch der altionischen Naturwissenschaft gewidmet[1]), bekannt geworden aber ist er als Architekt im großen Stile. Perikles, der ja die modernen Rationalisten liebte, ließ durch ihn einen neuen Plan des Piräeus entwerfen. Rechtwinklig sich kreuzende Straßen, nach den Himmelsrichtungen orientiert, sollen zugleich der mathematischen Regelmäßigkeit wie der Hygiene dienen. So sind von ihm auch Thurioi und Rhodos neu angelegt worden. Sein System hat auch noch im folgenden Jahrhundert bei allen Neuanlagen den Sieg davongetragen. Alexandreia und vor allem das von uns ausgegrabene Priene, dessen Plan (Tafel II) im 4. Jahrh. entworfen und mit unerhörter Willkür der widerstrebenden Natur aufgezwungen ist, künden den nachwirkenden Einfluß des Hippodamos, dessen italische Gründung wohl nicht ohne Einfluß auf das langweilige Bauschema gewesen ist, wie es der römische Lagerplan und Pompeji aufweist.[2])

---

1) Hesych. s. v. *Ἱπποδάμου νέμησις* nennt ihn *μετεωρολόγος*. S. *Vors.* I^3 293 c. 27.

2) Wilamowitz, *Staat u. Gesellsch. d. Griech.* (*Kultur d. Gegenw.* II, IV 1) S. 121. Daß die Technik der Agrimensoren ursprünglisch griechisch ist, scheint das Hauptinstrument, die *groma* oder *gruma* zu beweisen, dessen Ableitung von *γνῶμα* (besser von *γνώμονα*) durch das Etruskische jetzt befriedigend aufgeklärt ist. W. Schulze, *Berl. S.-Ber.* 1905 S. 709. Thulin, *Pauly-W. R.-Enc.* VI 728, 7. Die Darlegung von O. Müller, *Etrusker*^{2} II 154 erhält in allem Wesentlichen ihre Bestätigung. Fraglich bleibt nur, ob diese griechische Mathematik in Italien auf Hippodamos selbst oder seine Vordermänner (ev. durch Pythagoras vermittelt) zurückgeht. Vgl. Beloch, *Campanien*^{2} 67. 230. 345 Taf. II. VIII. Die etruskische Festung Marzabotto (Brizio, *Monum. ant.* I 429 ff. 278 Taf. I. V) ist nicht älter als 500.

Freilich fehlte es dem Baumeister nicht an Widerspruch. Aristophanes hat ihn in den „Vögeln“ unter der Maske des mit dem Lineal bewaffneten Meton, „den Hellas und Kolonos kennt“, verspottet.[1]) Aber der Ehrgeiz des Hippodamos reicht weiter. Er entwarf nicht nur Stadtpläne, sondern auch Staatsverfassungen, in denen wieder die übliche Dreizahl eine beherrschende Stellung einnimmt. Drei Stände: Bauern, Handwerker, Krieger; dreierlei Grundbesitz: Staatsland, Tempelland, Privatland; dreierlei Klageformen: Injurienklage, Schadenklage, Mordklage; dreierlei Abstimmung der Richter: Verurteilung, Freispruch, keins von beiden mit Motivierung. Natürlich ist diese dreieckige Verfassung Papier geblieben.[2])

Eine noch verhängnisvollere Rolle spielte der Mißbrauch der mathematischen Wissenschaft damals in der Plastik. Diese feinste Blüte der hellenischen Kunst ist auch von dem Meltau des arithmetischen Rationalismus befallen worden. Auch der bildende Künstler sollte jetzt wissenschaftlich arbeiten. Der dies verlangte, war einer der hervorragendsten Meister, der Argiver Polyklet, dessen Werke auch jetzt noch das Auge des Kunstfreundes entzücken. Aber wie Leonardo, Dürer und manche neuere Meister verfiel er ins Grübeln. Und als das Ergebnis seines Nachdenkens veröffentlichte er ein Buch in dem krausen Stile, den die Künstler lieben. Es trug den ominösen Namen *Κανών*, Lineal[3])! Die Einzelheiten dieser Kunstlehre sind nicht mehr kenntlich.[4]) Nur sieht man, daß

1) Arist. Vög. 992.

2) Ein letzter Ausläufer dieser Pythagoreischen Staatsmathematik sind Platons Gesetze. S. Zeller, *Ph. d. Gr.* IIa 956f.

3) *Vors.* I[3] 294 c. 28 verzeichnet die geringen Bruchstücke dieser Schrift.

4) Trotz der mühsamen Messungen A. Kalkmanns im 53. Winckelmannsprogr. (*Die Proportionen des Gesichts in der gr. Kunst*). Vgl. auch Kalkmanns *Nachgelassenes Werk* herausgeg. v. N. Voß S. 5. Wenn nach Diodoros



Polyklets Kanon. Der Doryphoros. Neapel.
Nach Brunn, Denkmäler.
Verlag F. Bruckmann, A.-G., München.

auch hier in den normalen Proportionen des Gesichtes und des übrigen Körpers die heilige Dreizahl und daneben die Dekas bevorzugt wird. Glücklicherweise hat sich der Künstler in seinem Doryphoros (Tafel III), den er als Beispiel seiner Theorie aufstellte, nicht streng an sein System gehalten, und die Kunst des 4. Jahrh. hat sich in bewußten Gegensatz zu dieser Pseudowissenschaft gesetzt. Lysippos verlangte eine moderne Symmetrie, die nicht die Wirklichkeit, sondern den Schein der Wirklichkeit zu berücksichtigen habe.[1])

Aber die Symmetrie des Polykletischen Kanons, die für die Darstellung des Menschen so wenig paßte, hat sich dauernd in einer anderen Technik bewährt, wo sie in der Tat angebrachter war, in dem Bau der antiken Geschütze. Der Mechaniker Philon[2]), der älteste uns erhaltene Artillerieschriftsteller, beginnt seine Anweisung mit dem etwas dunkeln Leitsatz des Polykletischen Kanons: *τὸ εὖ παρὰ μικρὸν διὰ πολλῶν ἀριθμῶν γίνεται*, d. h. „Die Schönheit des Werks ergibt sich um ein kleines aus vielen Zahlen". Viele voneinander abhängige Zahlenverhältnisse, will er sagen, bedingen die wichtige Proportion eines Werkes. Durch ein geringes Versehen (*παρὰ μικρόν*) kann es geschehen, daß

I 98, 5 ff. die Priorität des Polykletischen Kanongedankens, wie sovieles andere Hellenische, auf Ägypten zurückgeführt wird, indem die samischen Künstler Telekles und Theodoros, die Söhne des Rhoikos, in Ägypten das Gleichmaß der Statuen dort gelernt hätten, und wenn das ägyptische Modulmaß dort genau angegeben wird, so wissen wir jetzt, daß dies alles Flunkerei des Hekataios von Abdera ist, der die ganze hellenische Kultur auf Ägypten zurückzuführen sucht. Nicht klar ist mir der Zusammenhang des byzantinischen Kanons (9 Kopflängen, Dreiteilung des Gesichts außer dem Haare: Stirn, Nase, Kinn) in der *Ἑρμηνεία τῆς ζωγραφικῆς*. S. G. Schäfer, *Das Handbuch d. Malerei vom Berge Athos* (Trier 1855) S. 82.

1) Plin. XXXIV 65 *symmetria, quam diligentissime custodiit nova intactaque ratione quadratas veterum staturas permutando, volgoque dicebat ab illis factos quales essent homines, a se quales viderentur esse.*

2) Mech. Synt. IV S. 50, 6 Thevenot.

die Vollendung (τὸ εὖ) nicht erreicht wird. Ein kleiner Fehler im Anfang zerstört beim Fortschreiten der Arbeit das Ganze. Die Proportion setzt also ein Grundmaß voraus, das in richtig abgestuften Vervielfachungen das ganze Bildwerk symmetrisch gestaltet. So ist's auch, fährt Philon fort, mit den Geschützen. Ein kleiner Fehler am Anfang rächt sich durch Fehlerhaftigkeit des ganzen Werkes.

Das Einheitsmaß, das die antiken Ingenieure beim Bau von Wurfmaschinen zugrunde legen, besteht in dem Kaliber, d. h. in dem Durchmesser des Lochs, in dem die elastischen Spannerven laufen, durch welche das Geschütz gespannt und entspannt, d. h. abgeschossen wird. Die Größe des ganzen Geschützes und die Spannkraft der Stränge muß also dem Gewicht der Steinkugel oder des Pfeils, die man abschießen will, entsprechend gebaut werden. Die alexandrinischen Ingenieure hatten nach Philon als beste Formel für die Feststellung der Kalibergröße gefunden:

$$\delta = 1{,}1 \sqrt[3]{100\mu},$$

d. h. der Durchmesser des Spannloches muß so viel Daktylen (δ) betragen, als die Kubikwurzel aus der mit 100 multiplizierten Anzahl attischer Minen (μ) beträgt, welche die Steinkugel wiegt, wozu dann noch der zehnte Teil dieses Betrages hinzuzurechnen ist. Auf diese Maßeinheit werden dann alle Teile der Wurfmaschine zurückgeführt.

Philon sieht von der Höhe der alexandrinischen Technik, die in der Erfindung des Polybolon, der antiken Mitrailleuse, durch Dionysios von Alexandreia[1]) allerdings ein Wunderwerk der Präzisionsmechanik geschaffen hat, etwas geringschätzig auf die alten Ingenieure herab. Allein es ist wohl nicht zweifelhaft, daß das mathematische Prinzip der Konstruktion auf die alten Meister der Artillerie zurückgeht,

1) S. über diesen und das Kapitel der antiken Geschütze den 5. Vortrag.

die um das Jahr 400 dem älteren Dionysios die erste kriegstüchtige Artillerie bauten und die dadurch mit zu den großen Erfolgen des genialen Fürsten beitrugen. Seiner wissenschaftlich-technischen Einsicht und seiner rücksichtslosen Tatkraft haben wir es zu verdanken, daß Sizilien und Italien damals nicht karthagisch wurden. Philistos[1]) hat als Augenzeuge in seinem Geschichtswerk eine lebhafte Schilderung dieser artilleristischen Tätigkeit des Dionys gegeben, und Diodor[2]) hat uns diesen, vermutlich durch Timaios vermittelten, Bericht erhalten. Man ersieht daraus die fieberhafte Anspannung aller verfügbaren geistigen und finanziellen Kräfte, um Heer und Flotte auf den höchsten Stand zu bringen. Statt der Trieren ließ er zwei neue Typen, Tetreren und Penteren bauen, vor allem aber veranlaßte er die Ingenieure, die er von allen Seiten berief und glänzend honorierte, neue Geschütze zu konstruieren, bei denen das Prinzip des alten Handbogens zu riesigen Maschinen ausgestaltet wurde.[3]) Bei der Belagerung von Motye an der Westküste Siziliens (397 v. Chr.) spielten zum ersten Male auf den Strandbatterien die neugebauten Geschütze, welche die angreifende gewaltige Flotte des Himilko völlig zurückschlugen.

Aus welchen Kreisen stammen nun wohl die Mechaniker, welche diese neue furchtbare Waffe schufen? Sizilien selbst und vor allem Syrakus stand bereits gegen Ende des 5. Jahrh. —

1) Fr. 34 (F. H. G. I 188). 2) Diodor XIV 41 ff.

3) Diod. a. a. O. § 42 *καὶ γὰρ τὸ καταπελτικὸν εὑρέθη κατὰ τοῦτον τὸν καιρὸν ἐν Συρακούσαις ὡς ἂν τῶν κρατίστων τεχνιτῶν πανταχόθεν εἰς ἕνα τόπον συνηγμένων.* Ephoros erwähnt zwar bei Plut. Per. 27 neue „Maschinen“, die der Klazomenier Artemon dem Perikles bei seiner Belagerung von Samos geliefert habe. Allein Diodor XII 28, 3 führt bei dieser Gelegenheit nur Widder an, die als karthagische Erfindung galten und längst im Gebrauch waren, und Schutzdächer (*κριοὺς καὶ χελώνας*). Die Neuerungen des Artemon mögen sich also auf das letztere beziehen. Vgl. Plin. VII 201.

das zeigen die wunderbaren Münzen des Euainetos und Genossen, die mit Selbstgefühl ihren Namen neben das Götterbild setzen — auf einer hohen Stufe künstlerischer und technischer Vollendung. Allein bei diesen neuen artilleristischen Aufgaben handelte es sich noch um etwas anderes. Es war, wie wir sahen, zur Konstruktion dieser Maschinen eine tüchtige mathematische Vorbildung erforderlich, die sich mit technischer Durchbildung vereinigen mußte. So denken wir an die pythagoreische Sekte[1]), vor allem an den berühmten, auch mit Dionys selbst in Verbindung getretenen Zeitgenossen Archytas aus Tarent. Er war aus der Schule der Pythagoreer hervorgegangen und vereinigte epochemachende mathematische Forschung mit erfolgreichster praktischer Tätigkeit zum Wohle seiner Vaterstadt. Siebenmal trat er als Stratege an die Spitze des Staates, und niemals erlitt er, wie Aristoxenos[2]) bezeugt, eine Niederlage. Er war der erste Mathematiker, der speziell die Mechanik wissenschaftlich ausbaute[3]) und der auch praktisch sich mit mechanischen Problemen beschäftigte. Es wird erzählt[4]), daß er als großer Kinderfreund eine Klapper erfunden und eine fliegende Taube konstruiert habe, die durch einen verborgenen pneumatischen Mechanismus die Flügel regen und emporflattern konnte. Es ist selbstverständlich, daß ein solches mathematisch-technisches Genie als Stratege sein Talent auch in den Dienst des Vaterlandes stellte. Doch ist uns darüber leider nur eine allgemein gehaltene Nachricht überliefert.[5]) Allein die Heimat des Archytas und seine Zugehörigkeit zum pythagoreischen Bunde erinnert an einen

1) Diodor nennt XIV 41, 3 unter den von allen Seiten berufenen Ingenieuren auch τοὺς ἐξ Ἰταλίας.

2) Diog. VIII 82 (*Vors.* 35 A 1; I³ 322, 21).

3) Diog. a. a. O. S. 83 (*Vors.* I 322, 23).

4) Aristot. Pol. Θ 8. Gell. X 12, 8 (*Vors.* 35 A 10. 11; I³ 325, 18 ff.).

5) Vitr. VII Praef. 14 u. S. 21 Anm. 1.

andern Mechaniker Zopyros, der durch eine neue Konstruktion des sogenannten Gastraphetes, die mit seinem Namen verbunden wird, in eine nähere Beziehung zu den Neuerungen des Dionys gesetzt werden muß.

Seit Urzeiten war in Griechenland der Bogen bekannt, und die Bogenschützen spielen in allen Kämpfen eine Rolle, wenn sie auch nicht als die rühmlichste Waffe galten. Beim Bogen verbindet sich die Elastizität des Bogenarmes mit der Tiersehne, um den aufgelegten Pfeil abzuschießen. Aber je stärker Bogen und Sehne werden, um so schwieriger wird für die menschliche Hand die Spannung.[1]) So kam man auf die Erfindung der Armbrust, welche gleichsam zwischen Bogen und Katapulte die Mitte hält. Aber man blieb dabei nicht stehen, sondern konstruierte ein armbrustähnliches Gewehr unter dem Namen *γαστραφέτης* (wörtl. Bauchabschießer), das die Kraft des ganzen Körpers zur Spannung benutzte und ein ruhiges Zielen und Abdrücken gestattete. Sie werden am nächsten Freitag in der Saalburg ein Modell dieser Waffe, wie es Heron beschrieben und Generalmajor Dr. Schramm rekonstruiert hat, sehen und sich überzeugen können, daß der Schritt von diesem Bauchgewehr zu den verschiedenen Arten von Wurfmaschinen, die Sie dort auch sehen werden, nur ein kleiner ist. Auch Heron, der in der Einleitung seiner Lehre vom Geschützbau die Entwicklung vom Handbogen zu der großen Artillerie verfolgt, gibt dem Gastraphetes diese Mittelstellung. Nun überliefert uns der alexandrinische Kriegsschriftsteller Biton[2]) zwei etwas komplizierte Modelle dieses Gewehrs, die Pfeile von 6—7 Fuß abzuschießen gestatteten und mit einem Haspel gespannt wurden, wobei freilich der Name *γαστρα-*

1) Vgl. Heron, Belopoiika 5 (Poliorcet. S. 75, 8 Wescher); Köchly u. Rüstow, *Kriegsschriftsst.* I 205 ff.

2) Poliorc. S. 61 ff. Wescher.

φέτης seinen ursprünglichen Sinn eingebüßt hat. Das größere Modell wird als Gebirgsgeschütz (ὀρειβάτης γαστραφέτης) bezeichnet.[1] Die maschinellen Verbesserungen dieser Handwaffe werden von Biton dem Tarentiner Zopyros zugeschrieben, der sowohl für Milet wie für Cumä gearbeitet habe. Wenn nun in dem Pythagoreerkatalog des Iamblichos[2], der auf Aristoxenos zurückgeht, ein Zopyros aus Tarent erscheint, der spätestens um die Mitte des 4. Jahrh. gelebt haben muß, darf man nicht diesen Landsmann und Bundesbruder des Archytas mit dem Mechaniker des Gastraphetes identifizieren? Sollte nicht seine Verbesserung der Handwaffe mit der großartigen, durch Dionys ins Leben gerufenen artilleristischen Tätigkeit dieser Zeit zusammenhängen? Endlich: wird nicht durch solche Zusammenhänge mit der mathematisch-Pythagoreischen Schule das früher berührte, bei Philon, Vitruv, Heron festgehaltene wissenschaftliche Fundament der antiken Geschütztechnik auf das einfachste erklärt?

Die Pythagoreische Anschauung von der Allmacht und Herrlichkeit der Zahl und von ihrer fundamentalen Wichtigkeit für die exakte Wissenschaft hat damals niemand eindringlicher gepredigt als Philolaos, der erste Pythagoreer der strengen Schule, von dem es Lehrbücher gab. „Die Natur der Zahl", heißt es Fr. 11, „ist kenntnisspendend, führend und lehrend für jeglichen in jeglichem Dinge, das ihm zweifelhaft oder unbekannt ist."[3]) Auch dieser Pythagoreer, den wir nur als einen fast mystischen Theoretiker kennen, muß seine mathematischen Kenntnisse praktisch-

1) A. a. O. S. 64. Die Erscheinung, daß alte Namen sinnlos fortgeführt werden, wiederholt sich beim Euthytonon und Palintonon, die nur Sinn haben für den gewöhnlichen und skythischen Bogen, nicht für die Katapulte.

2) Vit. Pyth. 267 (*Vors.* I³ 344, 31).

3) *Vors.* 32 B 11 (I³ 313, 10).

technisch verwertet haben. Denn man nennt ihn an der Spitze der großen Meister, die Theorie und Praxis ähnlich wie Archimedes zu verbinden gewußt hätten.[1])

Am deutlichsten schien den Anhängern des Pythagoras die Macht der Zahl sich in der Welt der Töne zu offenbaren. In einer Zeit, wo die althellenische Musik bereits im Absterben begriffen war, hat Philolaos die Entdeckungen des Pythagoras und seiner Schüler über die physikalisch-mathematische Grundlage des Tonsystems niedergeschrieben. Die Harmonie der Intervalle wurde ihnen zum unmittelbarsten Zeugnis der unsichtbaren kosmischen Harmonie und Symmetrie. Ein unzweifelhaft echtes Fragment des Archytas leitet aus den drei Proportionen der Musik, der arithmetischen, geometrischen und harmonischen, die gesamte mathematische Proportionslehre ab, die das Fundament der voreuklidischen Geometrie ist.[2])

Diese Harmonielehre zeigt sich nun auch bei dem ersten Arzte, von dem es Bücher gab, bei Alkmaion von Kroton, der schon durch seine Heimat mit der ältesten Schule des Pythagoras zusammenhängt, und der sein Buch drei Schülern des Meisters gewidmet hat. Seine Lehre gipfelt in dem Satze, daß Gesundheit die Symmetrie der bedingenden Qualitäten Warm, Kalt, Trocken, Feucht, Süß, Bitter usw. sei und daß Krankheit mithin die Störung dieser Harmonie bedeute.[3]) Der tollste Versuch, die somatische Na-

1) Vitruv I 1, 17. Theophylact. ep. 75 (Migne P. G. 126 col. 493 A B) *πῶς δ' ἂν στρατιωτικὴν καὶ γεωμετρικὴν εἰς ταὐτὸ συνήγαγε καὶ συνῆψε τὰ μακροῖς θριγγίοις ἔκπαλαι διειργόμενα μετ' Ἀρχύταν, μετὰ Φιλόλαον, μετὰ τὸν Αἴλιον Ἀδριανόν, μετὰ τὸν ἔκπτωτον ἡμῶν Ἰουλιανόν.*

2) Nach Vitruv I 1, 8 hat man sogar von dem Artillerieoffizier, der die gleichmäßige Bespannung der Katapulte mit den Spannerven zu überwachen hatte, musikalische Bildung verlangt, damit er durch den Ton, den die gespannten Stränge rechts und links beim Anschlagen von sich geben, die Gleichmäßigkeit der Spannung feststellen und abstimmen könne.

3) Aët. Plac. V 30, 1 (Vors. 14 B 4; I[3] 136).



tur des Menschen mit der Siebenzahl zu begreifen und zu bemeistern, liegt in der Hippokratischen Schrift „De hebdomadibus“ vor[1]), die lebhaft in ihrer mathematischen Tendenz an die Fließsche Theorie[2]) vom „Ablauf des Lebens“ nach dem Rhythmus von 28 und 23 erinnert, die auf den mechanischen Rationalismus moderner Mediziner einen so starken Eindruck gemacht hat. Wenn also die Medizin des 5. Jahrh. nach Pythagoreischem Vorbild die Hebdomadentheorie bis ins Abenteuerliche verfolgte, wenn Empedokles und die von ihm abhängige sizilische Ärzteschule die Pythagoreische Tetraktys in der Humoralpathologie zu jahrtausendjähriger Herrschaft brachte, so sieht man auch hier wieder, wie der mathematische Rationalismus von den Pythagoreern aus sich allmählich der ganzen Technik bemächtigt.

Denn nach antiker Auffassung ist auch die Medizin eine *τέχνη* und der Arzt ein *δημιουργός*.[3]) Aus dieser Auffasung erklärt sich auch die ungewöhnliche Ausdehnung, welche selbst die Hippokratischen *ἰητρεῖα* den zum Teil recht künstlichen chirurgischen Maschinen bei der Einrenkung von Gliedern eingeräumt haben.[4])

Auf der anderen Seite aber hat sich diese Technik seit dem Anfang des 5. Jahrh. eng mit den Fortschritten der Wissenschaft und Philosophie verschwistert. Das Hippokratische Corpus ist mit den mannigfachsten Versuchen

1) Roscher, *Abh. der Sächs. Ges. d. W.* 28 n. 5 (Leipzig 1911) und ders., *Die hippokr. Schrift von der Siebenzahl*, Paderborn 1913.

2) Wilh. Fließ, *Der Ablauf des Lebens. Grundlegung zur exakten Biologie.* Leipzig 1906.

3) Hipp. De prisc. medic. 1 (S. 1, 17 Kühlew.) *ὥσπερ καὶ τῶν ἄλλων τεχνέων πασέων οἱ δημιουργοὶ πολλὸν ἀλλήλων διαφέρουσιν κατὰ χεῖρα καὶ κατὰ γνώμην, οὕτω δὲ καὶ ἐπὶ ἰητρικῆς.*

4) Vgl. die im im 2. Bande der Kühleweinschen Hippokratesausgabe abgedruckten Texte; Faust, *De machinamentis ab antiquis medicis ad repositionem articulorum luxatorum adhibitis*, Greifsw. Diss. 1912.

angefüllt, ältere und neuere Systeme medizinisch auszunutzen. Pythagoras, Empedokles, Anaxagoras, Diogenes von Apollonia, selbst die Eleaten werden herangezogen, um phantastische Systeme dieser Ärzte zu stützen oder zu widerlegen. Es fehlt freilich auch nicht an nüchternen Köpfen,

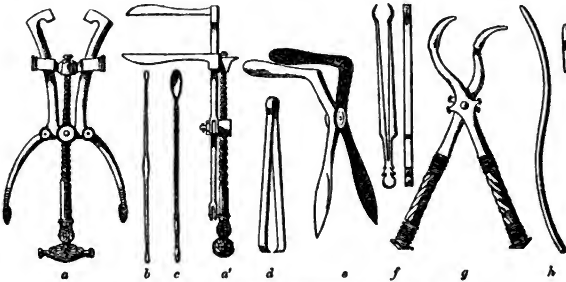


Abb. 4. Chirurgische Instrumente aus Pompeji.
Aus: Overbeck, Pompeji. 3. Aufl. Leipzig, W. Engelmann 1875. S. 413.

a (*a'*) speculum matricis. *b* Sonde. *c* Löffelchen. *d* Pinzette. *e* speculum ani. Zwischen *e* und *f* feine Pinzette. *g* gebogene Zange zur Entfernung von Knochensplittern. *h* Katheter.

die wie der ehrliche Verfasser von „De prisca medicina" die „neumodische Medizin" auf das heftigste bekämpfen.[1]) Doch würde es in diesem Zusammenhange zu weit führen, diese Verbindung der ärztlichen Technik mit der Philosophie, die in Galen den engsten Bund schloß, durch alle Jahrhunderte zu verfolgen. Ich will hier nur eins erwähnen. Der Peripatetiker Straton, der Aristoteles und Demokrit, Athen und Alexandreia miteinander verbindet, ist auch derjenige Philosoph, der durch seine modern anmutende Experimentalphysik in gleicher Weise die Ärzte und die Me-

1) Hipp. De pr. med. 1 (S. 2, 1 Kühlew.) *διὸ οὐκ ἠξίουν αὐτὴν ἔγωγε καινῆς ὑποθέσιος δεῖσθαι, ὥσπερ τὰ ἀφανέα τε καὶ ἀπορεόμενα … οἷον περὶ τῶν μετεώρων ἢ τῶν ὑπὸ γῆν.*

chaniker seiner Zeit angeregt hat.[1] Der große Arzt Erasistratos baut seine Physiologie auf Stratons *horror vacui* auf, und die Mechaniker Ktesibios, Philon und später Heron stellten ihre mechanischen Kunstwerke nach den Grundsätzen der modernen peripatetischen Experimentalphysik her. Wie sehr dann wiederum die Mechanik der ärztlichen Wissenschaft entgegenkam, sieht man an den wundervoll gearbeiteten ärztlichen Bestecken (Abb. 4, S. 23), die uns zahlreich aus dem Altertum erhalten sind.[2] Stellte doch die Feinmechanik damals eine Taschenwasseruhr her, mit der Herophilos, einer der bedeutendsten Ärzte aller Zeiten, die Fiebertemperatur seiner Kranken maß.[3]

Auch die astronomische Wissenschaft dieser Zeit erzog die alexandrinische Mechanik zu außerordentlichen Leistungen. An den wissenschaftlichen Entdeckungen des größten antiken Astronomen Hipparchos hat die Konstruktion des Astrolabs, das die Sternbeobachtung so sehr erleichterte, einen großen Anteil.[4] Auch die Zeitmessung wurde durch die erstaunlich hohe Stufe der damaligen Technik

1) S. meine Abh. *Über das phys. System des Straton, Berl. Sitz.-Ber.* 1893 S. 101 ff.

2) Milne, *Surgical Instruments in Greek and Roman Times*, Aberdeen 1907. v. Töply, *Antike Zahnzangen und chirurgische Hebel, Jahresh. d. öst. arch. Inst.* XV (1912) Beibl. 135 ff.

3) Marcell. De pulsibus c. 11, ed. H. Schoene (Basler Festschr. 1907) S. 463. Max Schmidt, *Kulturhist. Beitr.* II (Leipzig 1912) S. 45. 101. Am Schluß Z. 265 ergänze ich ἐκπλήρωσιν ⟨τοῦ χρόνου⟩ und 266 πυκνότερον ⟨ἢ βραδύτερον⟩.

4) Unter den aus dem Meeresboden bei Antikythera gewonnenen Altertümern, die einen Hauptreiz des Nationalmuseums in Athen ausmachen, interessiert ein kleines bronzenes, in einem Holzkasten befindliches Instrument, das Rediadis bei Svoronos, *Das Athener Nationalmuseum* (Athen 1903) Taf. X, für ein Astrolab hält. Das ist nicht sicher, da die erhaltenen stark oxydierten Teile und ihre Inschriften sehr zerstört sind. Aber am Originale (nicht an den a. a. O. gegebenen Abbildungen) kann man die mit der Feinarbeit unserer Chronometer rivalisierende Technik des Räderwerks wohl bewundern.

wesentlich verfeinert und verbessert. Die rohe Weise, die Tagesstunden nach der Schattenlänge zu messen, macht schon im 5. Jahrh. der Wassermessung mit der Klepsydra Platz. Im 4. baut man damit bereits Weckeruhren, wie nach Aristoxenos Platon eine solche Nachtuhr (*νυκτερινὸν ὡρολόγιον*) mit Pneumatik konstruiert haben soll.[1]) Seit dieser Zeit beginnt *ὥρα* die Bedeutung „Stunde" anzunehmen, die sich bei Aristoteles in seinen Homerischen Problemen wohl zuerst findet.[2]) Seitdem ist es den Astronomen erst möglich gewesen, genauere Zeitbestimmungen aufzunehmen. Die von den Alten mehrfach beschriebenen Uhrwerke[3]), die sogar die Verschiebung der Stundenlänge nach den Jahreszeiten berücksichtigten, zeigen wohl den Höhepunkt

---

1) Athen. S. 174 c. Der unmittelbar vor der Erwähnung Platons genannte Aristoxenos scheint der Gewährsmann für diese Nachricht, die nichts Unglaubliches hat, wenn man an ähnliche *πάρεργα* des Archytas denkt (s. S. 18 Anm. 4). Über das Technische s. Max Schmidt, *Kulturhistor. Beitr.* II 38. 98, der freilich die Pneumatik des Apparates nicht erklärt (*ἐμπνευστον ἂν ἴσως ῥηθείη διὰ τὸ ἐμπνεῖσθαι τὸ ὄργανον ὑπὸ τοῦ ὕδατος*). Das pneumatische Prinzip, das an die Taube des Archytas erinnert, wird durch die Vergleichung des Ath. mit der Wasserorgel sichergestellt. Vgl. Heron, Pneum. 42 (I 192 ff. W. Schmidt). Eine militärische Wächteruhr beschreibt Aeneas Tacticus 22, 24 (S. 55, 977 R. Schöne); s. Bilfinger, *Zeitmesser der ant. Völker* (Stuttg. Prog. 1866) S. 8, der auch über die Weckeruhr des Platon daselbst handelt S. 9 f. „Plato maß sich den Schlaf wie die Behörde den prozessierenden Parteien die Zeit durch ein bestimmtes Wasserquantum zu und gab dem Gefäß eine Vorrichtung, wonach mit dem Ablauf des Wassers ein Ton erzeugt wurde, der ihn aus dem Schlafe erweckte und ihm die Möglichkeit gewährte, zu seinen nächtlichen Studien zurückzukehren." Diese Vorrichtung muß, wie Athenaeus sagt, nach dem Prinzip der Wasserorgel konstruiert gewesen sein *ἐοικὸς τῷ ὑδραυλικῷ*. Über das Schattenmaß spricht Bilfinger a. a. O. S. 10 ff.

2) Bilfinger, *Antike Stundenzählung* (Stuttg. Progr. 1883) S. 4. „Der Gebrauch dieser Stundeneinteilung in der griechischen Literatur tritt erst seit der Zeit Alexanders auf." Max Schmidt, *Kulturhist. Beitr.* II 44; Aristot. Fr. 161 (ed. Rose S. 129, 16 ff., Lips. 1886). In der *Ἀθην. πολ.* 30, 6 heißt *ὥρα* allgemein „Zeit", „Termin".

3) S. Bilfinger, *Zeitmesser* S. 23 ff.; Max Schmidt a. a. O. und S. 105.

der wissenschaftlich organisierten Technik der Hellenen. In Rom stellte im Jahre 159 P. Cornelius Scipio Nasica Corculum als Zensor eine Wasseruhr auf öffentlichem Platze auf.[1]) Ebenso errichtete etwa ein Jahrhundert später Andronikos Kyrrhestes in Athen den „Turm der Winde“ (Tafel IV), in welchem außen eine Sonnenuhr und innen eine Wasseruhr angebracht war.[2])

Erstaunlich ist es, daß das Interesse des Altertums an den technischen Erfindungen und an der Persönlichkeit der Erfinder außerhalb der Fachwissenschaft recht gering ist. Der Glanz, der in der Renaissance und Neuzeit in immer steigendem Maße die Techniker umstrahlt, fehlt der Antike fast ganz, wenn man von der Medizin und Militärtechnik absieht. Und selbst auf diesen Gebieten ist es geschehen, daß große Namen spurlos verschwunden sind, wie es dem früher erwähnten Erbauer der Brücke des Xerxes begegnet ist, dessen Namen nur ein zufällig erhaltener Papyrusfetzen uns kürzlich enthüllte. Die darauf stehende Schrift enthält u. a. eine Tabelle der wissenswertesten Dinge in kürzester Form aus guter alexandrinischer Zeit. Diese *Laterculi Alexandrini*, wie ich sie getauft habe[3]), verzeichnen die berühmtesten Maler, Bildhauer, Architekten, und vor dem Kapitel über die sieben Weltwunder eine Heptas berühmter Mechaniker (Tafel V). Von diesen sieben im 2. vor-

---

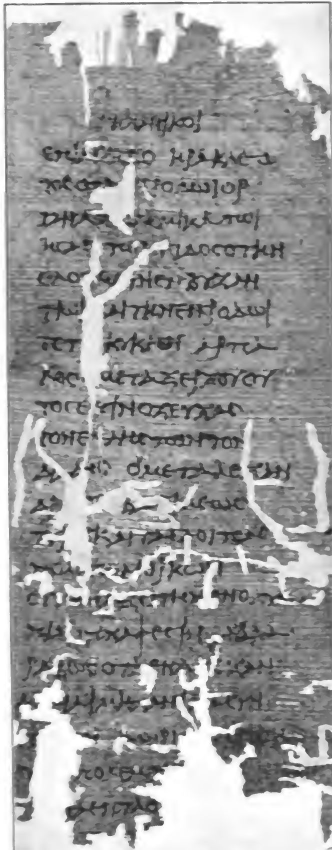
1) Varro bei Plin. N. h. VII 215 und Censor. D. d. n. 23, 7.

2) Varro, De r. r. III 17; Vitr. I 6, 4 ff.

3) Abh. d. Berl. Ak. 1904. Die beistehende Abbildung gibt die betr. 8. Kolumne der Laterculi. Sie lautet in Umschrift: *Μηχανικοί. Ἐπικράτης ὁ Ἡρακλεώτης* o *ὁ τὰ ἐν Ῥόδωι ὄργανα πολεμικὰ ποιήσας* o *Πολύειδος ὁ τὴν ἑλέπολιν ἐν Βυζαντίωι καὶ τὴν ἐν Ῥόδῳ τετράκυκλον* o *Ἅρπαλος ὁ μετὰ Ξέρξου· οὗτός ἐστιν ὁ ζεύξας τὸν Ἑλλήσποντον. Διάδης ὁ μετ' Ἀλεξάνδρου τοῦ βασιλέως Τύρον καὶ τὰς λοιπὰς πόλεις πολιορκῶν* o *Στύππαξ ὁ τὴν ἐν Ὀλυμπίαι ἱππάφεσιν* o *Ἀβδαράξως ὁ τὰ ἐν Ἀλεξανδρείαι μηχανικὰ συντελῶν* o *Δωρίων ὁ τὸν λυσιπόλεμον.* Folgen *τὰ ἑπτὰ θ[αύματα.*



Turm der Winde in Athen.
Auf der Spitze des Daches drehte sich ein bronzener Triton, der je nach dem Winde seinen Stab über einen der acht unter dem Gesimse abgebildeten Hauptwinde ausstreckte.



Laterculi Alexandrini. Achte Kolumne.

christl. Jahrh. anerkannten Berühmtheiten der Technik sind uns vier vollständig unbekannt, und über die drei übrigen wissen wir nur ganz Oberflächliches. Unter den letzteren hebe ich Diades hervor, von dem Paulys Reallexikon in der ersten Auflage sagte: „Von Vitruv unter denen genannt, welche über Maschinen geschrieben hatten, im übrigen uns aber völlig unbekannt.“ Die neue Auflage (1905 erschienen) fügt aus den Kriegsschriftstellern hinzu, daß Diades ein Schüler des Polyeidos ist, der Philipps Belagerungsgeschütze baute, und daß er selbst an Alexanders Feldzügen teilgenommen habe. Aus den Laterculi nun erfahren wir erst[1]), daß Diades der leitende Ingenieur der denkwürdigen Belagerung von Tyros ist, über welche die Historiker seitenlang zu berichten wissen.[2]) Die Einzelheiten des hin- und herschwankenden Kampfes werden sorgfältigst geschildert, der Name des Soldaten, der die Mauer zuerst erstiegen, wird in die Tafeln der Geschichte eingetragen. Aber von dem Ingenieur, der diese und alle übrigen Städtebelagerungen Alexanders leitete, der ein Lehrbuch seiner Kunst schrieb, in dem seine Erfindungen: die fahrbaren Belagerungstürme, neuartigen Widder, Fallbrücken und sonstigen Kriegsmaschinen beschrieben waren[3]), wissen die Historiker nichts. Sie mißachteten eben, wie die ganze Antike, den Techniten.

1) Siehe den Text in der vorigen Anm.

2) Z. B. Arrian. Anab. II 16—24.

3) Vitr. X 13, 3 *Diades scriptis suis ostendit se invenisse turres ambulatorias, quas etiam dissolutas in exercitu circumferre solebat, praeterea terebram et ascendentem machinam, qua ad murum plano pede transitus esse posset, etiam corvum demolitorem, quem nonnulli gruem appellant. non minus utebatur ariete subrotato, cuius rationes scriptas reliquit.* Folgen Maßangaben für die Türme und andere seiner Konstruktionen. Athen. Mech. S. 10, 10 Wescher (S. 16, 1 R. Schneider) *Διάδης μὲν οὖν αὐτός φησιν ἐν τῷ Μηχανικῷ αὐτοῦ συγγράμματι εὑρηκέναι τούς τε φορητοὺς πύργους καὶ τὸ λεγόμενον τρύπανον καὶ τὸν κόρακα καὶ τὴν ἐπιβάθραν· ἐχρᾶτο δὲ καὶ τῷ ὑποτρόχῳ κριῷ.* Folgt die Beschreibung im einzelnen. S. Schneider a. a. O. S. 57 ff.

Nur ein Name macht eine Ausnahme: Archimedes von Syrakus. Sein Leben, sein Tod, seine Hauptwerke sind jedem Schulknaben bekannt und seine Aussprüche „*Εὕρηκα*“ und „*Δός μοι πᾶ βῶ καὶ κινῶ τὰν γᾶν*“ stehen im Büchmann. Wenn Heiberg, der Biograph und Herausgeber des Archimedes, betont[1]), er sei der einzige Mathematiker, um den die nichtfachwissenschaftliche Literatur sich gekümmert habe, so ist das richtig. Höchstens könnte man Archytas um Horazens willen hinzufügen. Aber wenn er nun den Grund dieser außergewöhnlichen Berühmtheit in seiner Tätigkeit bei der Belagerung von Syrakus erblickt, so bedarf dies, wie das Beispiel dieses Diades lehrt, der Ergänzung. Die Syrakusaner haben sich über hundert Jahre lang um ihren berühmten Landsmann so wenig bekümmert, daß erst Cicero den dortigen *principi* sein völlig überwuchertes und vergessenes Grabmonument zeigen mußte. Das Interesse also, das die Römer und die römische Historie an ihrem hartnäckigen Widersacher nahmen, hat auch die späteren Griechen veranlaßt, des genialen Mannes zu gedenken und seine Schriften zu erhalten. Archimedes stellt die Vereinigung theoretischer und praktischer Begabung in idealster Weise dar. Sein Leben wie seine Schriften erfüllen uns auch heute noch mit Bewunderung und Sympathie!

Von seinem Vater, dem Astronomen Pheidias, in die wissenschaftliche Sternkunde eingeführt, hat er schon früh nicht nur astronomische Beobachtungen, z.B. über die Jahreslänge, gemacht, sondern auch ein kunstvolles, mit Wasser-

---

1) In Gercke-Nordens *Einl. in die Altertumsw.* II² 395. Derselbe Gelehrte hat eine populäre Darstellung in Archenholds *Weltall* IX (1909) S. 161 ff. veröffentlicht, auf die ich für das Folgende verweise. Ob Archimedes ein Verwandter des Königs Hieron war (Plut. Marc. 14, 7 *συγγενὴς καὶ φίλος*), ist zweifelhaft. Wenn Th. Gomperz, *Hellenica* II 302 die beiden Ausdrücke als Hoftitel faßt, so traut dies Plutarch eine starke Flüchtigkeit zu. Denn der eine Titel schließt den anderen aus.

kraft betriebenes Planetarium verfertigt, das bewies, wie er seine theoretischen Kenntnisse in die mechanische Praxis umsetzen könne. Auch in anderer Weise betätigte sich sein praktischer Sinn. Die rechnerischen Bedürfnisse des Astronomen fanden ein Hindernis in der kleinen Zahlenreihe, die das griechische Ziffernsystem umfaßte. So legte er in dem „Arenarius“ eine neue Methode vor, unendliche Ziffernreihen sicher zu klassifizieren und zu bezeichnen. Auch die Erfindung der Archimedischen Schraube und der Flaschenzüge, durch die er den Stapellauf des Hieronschen Riesenschiffes bewirkte, gehören wohl noch in seine Jugendperiode. Die intensive Beschäftigung mit den mechanischen Problemen ermunterte ihn nun auch dazu, in seiner, vor sieben Jahren von Heiberg wiedergefundenen, Eratosthenes gewidmeten Schrift „Methodenlehre der mechanischen Lehrsätze“[1]) wichtige mathematische Aufgaben mit Hilfe der Mechanik zu lösen. Diese Methode betrachtete er allerdings nur als eine vorläufige Feststellung. Er hat in seinen späteren Schriften die exakten Beweise für die wichtigsten Sätze nachgeliefert. Aber bewundernswürdig ist doch in jener Schrift die Kühnheit, mit der er auf den Spuren des Archytas[2]) weitergehend die Mathematik mechanisch be-

1) *Ἀρχιμήδους Περὶ τῶν μηχανικῶν θεωρημάτων πρὸς Ἐρατοσθένην ἔφοδος* gefunden und publiziert von Heiberg, Herm. XLII 243. Jetzt in Heibergs neuer Ausgabe des Archimedes (1913) II 427 mit lateinischer Übersetzung. Deutsche Übersetzung gab er (mit Zeuthen) Bibl. Math. III. Folge VII (1907) S. 322 ff.

2) Archytas 35 A 14 (*Vors.* I^3 326, 10). Archimedes nennt freilich als seine Vorgänger nur Demokrit und Eudoxos. Aber dieser ist Schüler des Archytas (Diog. VIII 86. Theorie der Schwingungen: Theo Smyrn. S. 61, 11 Hiller = Archyt. *Vors.* 35 B 1, I^3 332, 9 ff. = Platon Tim. S. 67 B). Andererseits sind die Beziehungen des Demokrit zur Pythagoreischen Mathematik bekannt, wenn auch im einzelnen nicht faßbar. Vgl. *Vors.* II^3 11, 34 ff. Sehr wichtig ist die auf einen Fachmann, wahrscheinlich Herakleides, den Schüler und Biographen des Archimedes, zurückgehende Darlegung bei Plut. Marc. 14 *τὴν γὰρ ἀγαπωμένην ταύτην καὶ περιβόητον ὀργανικὴν* (Kon-

handelt und den Begriff des Unendlichen, dem die antike Mechanik ängstlich aus dem Wege geht, in ganz moderner Weise handhabt. Auch seine Arbeiten über die Statik scheinen noch in diese erste Periode zu fallen.

Die zweite Periode seines Schaffens war, wie es scheint, rein mathematischer Tätigkeit gewidmet, deren Resultate in dem Hauptwerk „Über Kugel und Zylinder“ zusammengefaßt sind. Nachdem er dann diese theoretischen Untersuchungen durch das Buch „Von den Konoïden und Sphäroïden“ zum Abschluß gebracht, verarbeitete er seine schon früher bei Untersuchung der verfälschten Krone Hierons gemachte Entdeckung über das spezifische Gewicht zu dem grundlegenden Werke „Über die schwimmenden Körper“. Ich erwähne kurz seine feinen Ausführungen über die Zahl π, über die kürzlich eine genauere Berechnung zutage gekommen ist, und über die Spirale, Arbeiten, die dann von Apollonios, dem Meister der Kegelschnitte, weitergeführt wurden.

Der Abend seines Lebens zeigt uns den Greis wieder als Mechaniker. Er ist zu der Liebe seiner Jugend zurückgekehrt und wirkt nun im Dienste des Vaterlands unermüdlich an der Verteidigung von Syrakus. Wir sehen ihn jetzt

---

struktion der *ὄργανα*, d. h. Kriegsmaschinen) *ἤρξαντο μὲν κινεῖν οἱ περὶ Εὔδοξον καὶ Ἀρχύταν ποικίλλοντες τῷ γλαφυρῷ* (d. h. Mechanik) *γεωμετρίαν, καὶ λογικῆς καὶ γραμμικῆς ἀποδείξεως οὐκ εὐποροῦντα προβλήματα δι' αἰσθητῶν καὶ ὀργανικῶν παραδειγμάτων ὑπερείδοντες, ὡς τὸ περὶ δύο μέσας ἀνὰ λόγον πρόβλημα καὶ στοιχεῖον ἐπὶ πολλὰ τῶν γραφομένων ἀναγκαῖον εἰς ὀργανικὰς ἐξῆγον ἀμφότεροι κατασκευάς, μεσογράφους τινὰς ἀπὸ καμπύλων γραμμῶν καὶ τμημάτων μεθαρμόζοντες· ἐπεὶ δὲ Πλάτων ἠγανάκτησε καὶ διετείνατο πρὸς αὐτούς, ὡς ἀπολλύντας καὶ διαφθείροντας τὸ γεωμετρίας ἀγαθόν, ἀπὸ τῶν ἀσωμάτων καὶ νοητῶν ἀποδιδρασκούσης ἐπὶ τὰ αἰσθητὰ καὶ προσχρωμένης αὖθις αὖ σώμασι πολλῆς καὶ φορτικῆς βαναυσουργίας δεομένοις, οὕτω διεκρίθη γεωμετρίας ἐκπεσοῦσα μηχανική, καὶ περιορωμένη πολὺν χρόνον ὑπὸ φιλοσοφίας μία τῶν στρατιωτίδων τεχνῶν ἐγεγόνει.* Vgl. Sympos. VIII 2, 1, 7 p. 718 F.

emsig tätig, gegen die Angriffe der Römer Abwehrmaßregeln zu organisieren, Wurfgeschütze zu bauen, die feindlichen Schiffe durch wuchtige Balken oder hakenförmige Krane in den Grund zu bohren oder in die Höhe zu heben und an den schroffen Klippen von Syrakus zu zerschellen. Schließlich kam es so weit, daß, sobald nur ein Strick oder eine Stange über der Stadtmauer erschien, ein panischer Schrecken die Römer ergriff und Marcellus fast zur Verzweiflung gebracht wurde. Die späten Nachrichten über die berühmten Brennspiegel, mit denen Archimedes die feindlichen Schiffe in Brand gesteckt habe, werden freilich durch die maßgebenden Quellen Polybios, Livius, Plutarch nicht bestätigt.[1]) Sein letztes Wort, als nach der Eroberung der römische Soldat auf ihn eindrang: „*Noli turbare circulos meos*" ist des großen Gelehrten würdig. Cicero urteilt über ihn, er habe mehr Genie besessen, als mit der menschlichen Natur verträglich scheine[2]), und Heiberg nennt ihn den „genialsten Mathematiker des Altertums und den größten der Neuzeit ebenbürtig".[3]) In der Tat, ich wüßte nur etwa Gauß, den großen Mathematiker, Astronomen, Physiker, den Entdecker der Methode der kleinsten Quadrate, den Erfinder des Heliotrops und des Nadeltelegraphs, ihm an die Seite zu stellen.

Was bei diesen großen Männern uns entgegentritt: die

1) Daß eine Wirkung, wie sie von der späteren Überlieferung erzählt wird, durch eine Kombination von Hohlspiegeln erzielt werden kann, hat Anthemios, der Erbauer der Sophienkirche und große Bewunderer des Archimedes, theoretisch (Westermann, Paradoxogr. 152, 20 ff.) und Buffon 1747 praktisch erwiesen. Vgl. Berthelot, *Journal des Savants* 1899 S. 253. Über die Frage, die nur die Quellenkritik, nicht die Technik angeht, s. Heiberg, *Quaest. Archimed.* Haun. S. 41; H. Thiersch *Pharos* S. 93 f. Über Fälschungen auf Archimedes' Namen s. Vortr. V g. Ende.

2) De rep. I 22 *plus in illo Siculo ingenii, quam videretur natura humana ferre potuisse, iudicabam fuisse.*

3) Gercke-Norden, Einl. II² 394.



fruchtbare Vereinigung von Theorie und Praxis, das hat seine Bedeutung für die Wissenschaft überhaupt. Nur da, wo die wissenschaftliche Forschung mit dem wirklichen Leben im Bunde bleibt, werden die großen Fortschritte der Kultur gewonnen. Die Technik kann der Wissenschaft nicht entbehren, und umgekehrt wird die reine Spekulation in der Wissenschaft, wenn sie nicht immer und immer wieder von dem frischen Hauche des Lebens berührt wird, steril und stirbt ab. Vitruv, der in einer Zeit lebt, wo der wissenschaftliche Sinn bereits zu erlöschen droht, sagt am Eingang seines Werkes wie zur Warnung seiner jüngeren Fachgenossen folgendes[1]: „Die Baumeister, die ohne Wissenschaft nur nach mechanischer Fertigkeit strebten, haben sich durch ihre Arbeiten niemals maßgebenden Einfluß erwerben können. Umgekehrt scheinen diejenigen Architekten, die sich lediglich auf das Rechnen und die Wissenschaft verlassen haben, dem Schatten, nicht der Wirklichkeit nachgejagt zu haben. Nur die, welche Theorie und Praxis sich gründlich aneignen, haben die volle Rüstung, um das Ziel, das sie sich gesteckt, unter allgemeiner Anerkennung zu erreichen."

Auch heute noch sind die Worte des alten Praktikers Goldes wert. Der hohe Stand unserer heutigen Kultur wird nur durch die innige Durchdringung von Wissenschaft und Technik gewährleistet. Das Ausland erkennt an, daß Deutschland seinen Aufschwung zumeist dieser gesunden Verbindung von Theorie und Praxis zu verdanken hat. Für die Schulen, die niederen sowohl wie die höheren, ergibt sich daraus die Aufgabe, in der Jugend weltoffene Anschauung und praktische Fertigkeit verbunden mit Wissen und wissenschaftlicher Einsicht zu erwecken.

Dies ist der archimedische Punkt unserer Pädagogik,

1) I 1, 2. Vgl. unten S. 59 Anm. 1.

die auch eine Kunst ist, und zwar die erste und wichtigste im Staate.[1]) Auch für diese Technik gilt der Satz, den der historische Überblick der antiken Verhältnisse uns gelehrt hat, daß Empirie und Theorie Hand in Hand gehen müssen. Heutzutage, wo die Technik des Unterrichtens auf einer hohen Stufe steht und der Lehrer zum Virtuosen einer rein formalistischen Kunst zu werden droht, tut es not, daran zu erinnern, daß der beständige Zusammenhang mit der Wissenschaft für ihn unerläßlich ist, wenn die Jugend für die Aufgaben unserer Zeit richtig vorgebildet werden soll.

Auch hier darf ich an ein antikes Analogon zur Warnung am Schlusse kurz erinnern, an das Beispiel der griechischen Sophistik, welche die *τέχνη* des höheren Unterrichts zuerst berufsmäßig ausgeübt hat. Ihr Wirken, das auf die Ergründung der Wahrheit verzichtete und fertige Schablonen den Schülern in den Kopf hämmerte, zeigt deutlich, wohin eine lediglich formale Technik den Jugendbildner führt. Wehe dem Lehrer der Jugend, der mit dem Fortschritt der Wissenschaft nicht mehr Schritt halten will und den äußerlichen Drill für eine genügende Art der Geistesbildung hält, wehe dem Erziehungskünstler, der in banausischer Selbstbeschränkung nicht jeden Tag der Wahrheit selbst näher zu kommen und die Jugend der Wahrheit näher zu führen sucht! Bei diesem unerschlafften Wahrheitssuchen möge uns Platon, der die *βάναυσος παιδεία*[2]) der sophistischen Virtuosen siegreich überwunden, als Vorbild voranleuchten! Möge wie bei ihm Praxis und Theorie, Kunst und Wissenschaft, Denken und Handeln immerdar im Einklang bleiben, und alles im Dienste der einen Göttin, der wir unser Leben weihen, der Wahrheit!

---

1) Vgl. Platon, Legg. I 644 AB *δεῖ τὴν παιδείαν μηδαμοῦ ἀτιμάζειν, ὡς πρῶτον τῶν καλλίστων τοῖς ἀρίστοις ἀνδράσιν παραγιγνόμενον.*

2) A. a. O. S. 644 A.

II

ANTIKE TÜREN UND SCHLÖSSER[1])

Die Antike gilt in weiteren Kreisen wohl noch immer als Schöpferin hervorragender Werke der Literatur und der Kunst, auch die Grundlagen der Wissenschaft werden dankbar auf die Anregungen des klassischen Altertums zurückgeführt, ja die großen Philosophen der Hellenen zählen fast noch zu den aktuellen Kräften der modernen Kultur. Nur von der Technik pflegt man zu schweigen. Das Zeitalter des Dampfes, der Elektrizität, des Flugzeuges sieht mit Lächeln auf die kümmerlichen Anfänge der alten Welt auf diesem Gebiete zurück.

In der Tat stand die Technik nicht so im Mittelpunkte der antiken Zivilisation, wie dies heutzutage der Fall ist. Das liegt an den völlig veränderten sozialen Verhältnissen. Die Gesellschaft im alten Griechenland wie im alten Rom war aristokratisch gesinnt. Der Techniker gehörte als solcher nicht zu den leitenden Kreisen der antiken Welt. Die demokratischesten Staaten des Altertums waren sozial aristokratischer gesinnt als die aristokratischesten Staaten der modernen Welt.

---

1) Die Vorträge II—V wurden bei den Hochschulkursen in Salzburg Sept. 1912 gehalten. Die Literatur über diesen Gegenstand verzeichnet Hugo Blümner, *Röm. Privataltertümer* (I. Müllers *Handbuch* IV 2, 2), München 1911, S. 21 b. Ich habe diese Fragen behandelt im „*Parmenides*" *gr. u. deutsch*, Berlin 1897, S. 117 ff. Dazu Fairbanks *Philosophical Review* VII 443; D. Seymour, *Life in the Homeric age* (N. York 1907) 194; Brinkmann, Sitz.-Ber. *der Altertumsges. Prussia* XXI (1900) S. 297 ff.; Pernice, *Jahrb. d. arch. Inst.* 1904 (XIX) S. 15 ff. Über neugr. Balanosschlösser Dawkins, *Annual of the Brit. School at Athens* IX 190 ff.

Diese Aristokratie ruhte, gleichviel ob der Staat monarchisch oder demokratisch verwaltet wurde, auf der Institution der Sklaverei. Auch die Fabriken wurden selbst da, wo sie im Besitze von Aristokraten waren, von Sklaven geleitet und bedient. Wo aber ein Sklave für täglich zehn Pfennig unterhalten werden kann, braucht man keine Maschinen zu erfinden, um Menschenarbeit zu ersetzen. So begegnet die Einführung technischer Neuerungen heutzutage in dem menschenwimmelnden China noch den allergrößten Schwierigkeiten, weil die Maschinen die billigen Arbeitskräfte brotlos zu machen drohen, während das umgekehrt situierte Amerika dem Mangel an billigen Menschenkräften durch eine riesige Steigerung der technischen Erfindungen abzuhelfen sucht.

Trotz dieser Verhältnisse hat es der Antike nicht an großen technischen Leistungen gefehlt, die aber weniger bekannt geworden sind, weil sich das Altertum im ganzen wenig für dergleichen interessierte und unser auf diesem Gebiet so hoch entwickeltes Zeitalter erst jetzt wieder historisch für diese Inkunabeln sich zu erwärmen beginnt. Freilich ist dieses Verhältnis der modernen Welt zu den antiken Technikern nicht mehr das von Schülern und Meistern, wie dies in der Renaissance allerdings der Fall war. Die Schüler haben längst die alten Lehrer auf diesem Gebiete überholt. Um so vorurteilsfreier und gerechter kann unsere Würdigung sein, indem wir sehen, wie mühsam und langsam die Fortschritte sind, welche die Menschheit in der Bewältigung der Naturkräfte in alter Zeit machen konnte, obgleich das allseitig begabte Griechenvolk seinen eminenten Scharfsinn auch diesen Kulturwerken von alters her mit Erfolg zugewandt hat.

Ich fange mit der ältesten griechischen Zeit an, mit der homerischen Welt. Denn wenn auch durch die erstaun-

lichen Ausgrabungen Schliemanns und seiner Nachfolger die Kultur Griechenlands im zweiten Jahrtausend, die sog. mykenische Kultur, uns wieder nahegebracht ist, so ist doch fraglich, ob die Träger dieser Kultur bereits Hellenen im späteren Sinne waren, und wie weit sich diese ägäische Kultur unabhängig von den älteren Kulturzentren Asiens und Ägyptens entwickelt hat. Was gar die Sage von dieser hellenischen Vorzeit in bezug auf Technik zu berichten weiß, z. B. über den Bau des Labyrinths, den gelungenen Flug des Dädalus und den Absturz des Fliegers Ikarus, das dürfen wir billig auf sich beruhen lassen.

Ich führe Sie also in die homerische Welt und zeige Ihnen, wie man etwa im 8. Jahrh. v. Chr., als Ilias und Odyssee gedichtet wurden, die Türen der Häuser konstruierte und sinnreich verschloß.

Wir schlagen das erste Buch der Odyssee auf. Telemach hatte zum ersten Male mutig zu den Freiern gesprochen. Diese gingen bei Nacht nach Hause. Der junge Fürst geht über den Hof des Palastes zu seiner Kemenate. Die treue Beschließerin Eurykleia leuchtet mit der Fackel über den dunklen Hof. Er öffnet die Türe (1, 436), betritt die Schlafkammer, setzt sich auf das Bett und zieht seinen Chiton, d. h. sein Hemd aus, das er der alten Dienerin zum Aufhängen neben der Bettstatt übergibt. Nun heißt es weiter (V. 441):

Hierauf ging sie hinaus und zog an dem silbernen Handgriff
Leise die Türe zu und schloß mit dem Riemen den Riegel.

Wir haben uns, wie sich aus dem Vorhergehenden ergibt, eine Doppeltür vorzustellen. Das Zudrücken des einen Flügels wird als selbstverständlich nicht erwähnt. Vielleicht war auch nur der eine Flügel geöffnet worden. Wie nun eine solche Türe im allgemeinen aussah, haben uns die antiken Ausgrabungen sowohl der mykenischen Paläste

wie späterer Bauwerke deutlich gelehrt. Sie müssen ganz absehen von unseren Türkonstruktionen: Angeln, in denen sich die Tür dreht, gibt es nicht im griechischen Altertum. Vielmehr sind die beiden Türflügel eingelassen in runde Holme, die der Grieche Achsen (*ἄξονες*) nennt, weil sie genau so aussehen wie Wagenachsen. Sie sehen beiläufig, das Wort und die Technik des Wagenbaues ist der Neuzeit durch die Griechen vermittelt. Schon Hesiodos, der böotische Bauer, der nicht viel später als der Dichter der Odyssee gedichtet hat, beschreibt genauer zwar nicht die „hundert“ Hölzer, die man nach seiner Meinung zum Wagenbau brauche [1]), aber er gibt die Größe der Achse und der Radbestandteile an. [2]) Die „Achsen“ spielen auch in Solons Gesetzgebung eine Rolle, insofern sich um eine vertikale Mittelachse vier eingelassene Tafeln drehten, auf denen seine Gesetze standen. [3]) Solche Drehgestelle haben wir jetzt in den Museen und Bahnhofshallen zu ähnlichen Zwecken aufgestellt. Diese Türachsen nun heißen bei Homer *θαιροί* [4]), bei dem Philosophen Parmenides dagegen, dem Eleaten, der um 500 lebte, heißen sie wirklich *ἄξονες*, und zwar *πολύχαλκοι*, d. h. reich mit Erz beschlagen. Sie stecken nämlich in einem zierlichen bronzenen Schuh und drehen

1) *Werke und Tage* 456.

2) *Werke und Tage* 424 *ἄξονα ἑπταπόδην*. Ich fasse die Stelle so auf, daß das Holz zu den zwei Achsen des vierrädrigen Wagens ausreicht. Dann erhält jede Achse $3^1/_2$ Fuß (2,12 m), was ausreichend ist. Daß der Wagen des Hesiod vier Räder hat, bemerkt richtig Waltz, *Revue des Etudes anciennes* XIV (1912) 226, der auch die Ungenauigkeit der sonstigen Maßangaben (sehr ungenaues Verhältnis des Radius zur Radperipherie) richtig aus dem primitiven Stande der Wagnerei aufgeklärt hat.

3) Über die Einrichtung der Solonischen *κύρβεις* und *ἄξονες* s. Wilamowitz, *Aristoteles u. Athen* I 45. Die antiken Stellen gesammelt von Sandys zu Arist. Ath. polit. 7.

4) Verwandt mit *θύρα*, ursprünglich „Türgänger“, d. h. Pfosten, mit denen die Tür auf- und zugeht.



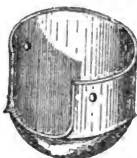


Abb. 5. Bronzener Schuh für den Drehpfosten einer Tür.

sich mit diesem Schuh in einer ebenfalls mit Bronze ausgefütterten Pfanne. Solche Pfannen und Türschuhe haben sich vielfach bei den Ausgrabungen gefunden (Abb. 5). Oben steckt nun dieser Türpfosten (Drehbalken, Achse) in einem Loch der steinernen Türfüllung. So schlägt also (ähnlich wie bei unseren Kleiderschränken) der rechte und der linke Flügel sich in den Ecken oben und unten drehend auf und zu, indem sich die Türfüllungen an den etwas hervorstehenden Rand der unteren und der Oberschwelle anlehnen, so daß die Flügel wohl nach außen, aber nicht nach innen schlagen können.

Da mit der Zeit das Holz sich zusammenzuziehen pflegt, so wird es oft vorgekommen sein, daß die Tierflügel in den Pfannen nicht mehr genau festsaßen und bei einem Stoße herausgeschleudert werden konnten. Ferner drehen sich solche mit dem ganzen Runde unten aufstoßende Balken schwerer, als wenn die ganze Schwere der Türflügel auf Einer Spitze balanziert. Daher hat man im 6. Jahrh. die Türschuhe unten mit einem spitzen Zapfen versehen, der in ein Loch der Pfanne eingreift (Abb. 6). So waren die Axones des Solon, wie uns überliefert ist, eingerichtet, so die himmlische Türe, die uns Parmenides beschreibt.[1])

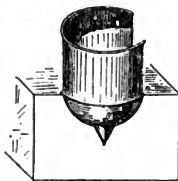


Abb. 6. Bronzener Türschuh mit Zapfen.

Wie wurde nun aber die Türe selbst verschlossen? Homer sagt (Od. 1, 441 f.):

Sie zog an dem silbernen Handgriff
Leise die Türe zu und schloß mit dem Riemen den Riegel.

---

1) Solons Axones drehten sich in Zapfen (κνώδακες, d. i. κνα-όδαξ, att. κνώδων „Reibezahn“) nach Et. m. 115, 46 u. 547, 60. Parm. 1, 20 spricht von den mit „Nadeln“ (περόναι d. h. Spitzen) versehenen Zapfen (γόμφοι).

Wir würden dies nicht verstehen, wenn wir nicht den ältesten griechischen Schlüssel kennten, den sog. Tempelschlüssel, und wenn wir nicht ein altes Vasengemälde hätten, das uns diesen Schlüssel und den homerischen Riemen im Akte des Schließens vorführte. So ist es mir gelungen, im Jahre 1897 das homerische Türsystem aus diesen beiden Elementen zu rekonstruieren.[1]) Betrachten wir zunächst den Tempelschlüssel. Die Priesterinnen pflegen, da in der Religion alles aus Urzeiten treu festgehalten zu werden pflegt, die älteste homerische Form des Schlüssels zu bewahren. Dieser Schlüssel war erheblich größer und schwerer als irgendein jetzt gebräuchlicher, so daß er gewöhnlich geschultert wird (Abb. 8, 9, S. 40).

Durch einen glücklichen Zufall ist uns der Schlüssel eines hochberühmten Heiligtums, des Artemistempels in Lusoi in Arkadien, der zu Ende des vorigen Jahrhunderts aufgedeckt worden ist, erhalten geblieben.[2]) Die Inschrift, deren Züge in das 5. vorchristl. Jahrh. weisen, bezeugt den Ursprung. (Abb. 7, S. 40.) Damit stimmen die zahlreichen Abbildungen von schlüsseltragenden Dienerinnen auf attischen Vasen (Abb. 8) und Grabsteinen (Abb. 9) überein. Ja, es hat sich sogar auf einem Grabstein, der im 2. vorchristl. Jahrh. der Poliaspriesterin Habryllis gesetzt worden ist[3]), eine genaue Abbildung ihres Schlüssels gefunden (Abb. 10), der, außer der heiligen Priesterbinde (links), rechts um das Knie des Schlüssels gewunden einen Lederriemen aufweist, dessen Verwendung später klarwerden wird.

Wie alt der Gebrauch dieses Schlüssels ist, ergibt die sprachliche Beobachtung, daß die abgerundete, S-förmige

1) Im „Parmenides" (Anm. 1 a. a. O.), W. Köhler, *Archiv. f. Religionsw.* VIII (1905) 221 ff.

2) Von mir publiziert *Sitz.-Ber. d. Berl. Ak.* 1908, S. 27. Die Inschrift lautet: *τᾶς Ἀρτάμιτος τᾶς ἐν Λούσοις.*

3) *I. Gr.* II 2169. Köhler, *Ath. Mitt.* IX 301.

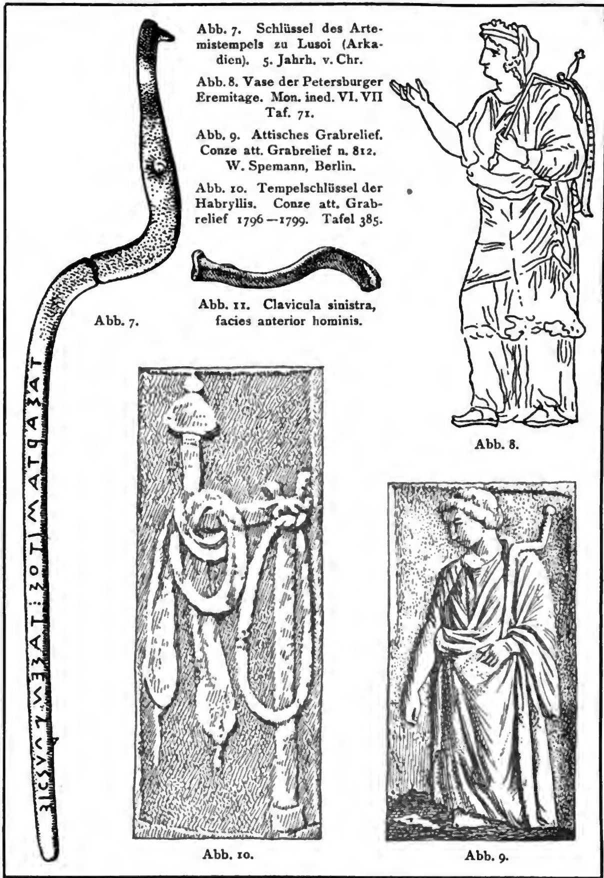


Abb. 7. Schlüssel des Artemistempels zu Lusoi (Arkadien). 5. Jahrh. v. Chr.

Abb. 8. Vase der Petersburger Eremitage. Mon. ined. VI. VII Taf. 71.

Abb. 9. Attisches Grabrelief. Conze att. Grabrelief n. 812. W. Spemann, Berlin.

Abb. 10. Tempelschlüssel der Habryllis. Conze att. Grabrelief 1796—1799. Tafel 385.

Abb. 11. Clavicula sinistra, facies anterior hominis.

Abb. 7.

Abb. 8.

Abb. 10.

Abb. 9.

Gestalt dieses Instrumentes, wie sie der Schlüssel von Lusoi zeigt und wie sie sich auch zuweilen auf Vasendarstellungen findet, Veranlassung gegeben hat, das menschliche Schlüsselbein danach zu benennen. Dieser Name (κληῖς) erscheint schon in der Ilias häufig. Eine Abbildung dieses Knochens (Abb. 11, S. 40) wird diese Übertragung verständlich machen.

Nachdem wir so den Schlüssel kennen gelernt, können wir uns mit besserem Verständnisse zu Homer zurückwenden.

Wir hören, wie dieser Dichter seine Penelope, die den Bogen des Odysseus holt, die Türe öffnen läßt (21, 5 ff.):

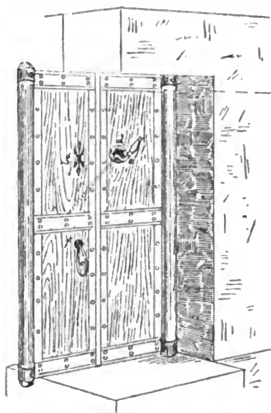
Eilends ging sie darauf zur hohen Treppe der Wohnung
Und griff fest mit der Hand nach dem wohlgebogenen Schlüssel;
Ehern war er und zierlich, und elfenbeinern der Handgriff.

Sie sehen, Penelope ergreift einen gebogenen, ehernen, mit elfenbeinernem Griff zum bequemen Anfassen versehenen Schlüssel. Das ist unser Tempelschlüssel. Nun geht die Beschreibung weiter (21, 42 ff.):

Als sie nun kam zur Kammer empor, die göttliche Fürstin,
Schritt sie zur eichenen Schwelle heran. Die hatte der Meister
Streng nach den Regeln der Kunst und dem Richtmaß trefflich gezimmert,
Hatte die Pfosten hinein und die schimmernden Türen gefüget.
Eilends löste den Riemen sie ab von dem Ringe der Pforte,
Steckte den Schlüssel hinein und schob von der Türe die Riegel
Mit zielsicherem Stoß. Da erkrachte die Tür, wie ein Zuchtstier
Brüllt auf blumiger Au; so krachten die glänzenden Flügel,
Als sie der Schlüssel getroffen, und sperrten sich schnell auseinander.

Also sie löst zuerst den Riemen ab von dem Ringe, steckt den Schlüssel in das Schlüsselloch und schiebt die Riegel der Türe zurück, wobei diese ein lautes Gebrüll infolge der Berührung mit dem Schlüssel von sich geben.

Die anschaulichste Erklärung dieses bei Homer mit liebevoller Detailmalerei geschilderten Vorganges gibt ein altes Berliner Vasenbild (Tafel VI), das Fink zuerst heran-



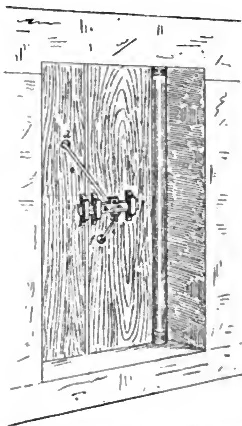


Abb. 12. Homerische Türe von außen. Abb. 13. Homerische Türe von innen.
a Aufsatz. *b* Riegel. *c* Riemen. *e* Schlüssel. *f* Riemenloch. *g* Griff.

gezogen, aber falsch erklärt hatte.[1]) Die der Sache entsprechende Deutung ergibt sich von selbst, wenn man aus dem Vorgang auf der Vorderseite das, was hinter der Türe verborgen ist, zu ermitteln sucht.

Wer so wie dieses Mädchen den langen, schweren Schlüssel im Untergriff gefaßt hält, der will damit wie mit einer Lanze stoßen. So erklärt sich, was Homer sagt: 1. „griff

1) *Der Verschluß bei den Griechen und Römern*, Regensburg 1890. Die Reproduktion des Berliner Vasenbildes ist nach einem von Frau Prof. J. Tschermak v. Seysenegg vor dem Originale gefertigten Aquarell hergestellt worden. Holzmodelle der homerischen Türe nach meiner Rekonstruktion befinden sich im Berliner Antiquarium und im Institut für Altertumskunde der Berliner Universität. Auch waren mehrere zierliche Modelle auf der Deutschen Unterrichtsausstellung in Berlin (Friedrichstr. 126) Februar bis April 1914 zu sehen.



Mädchen mit dem Schlüssel die Schatzkammer öffnend.
Rotfigurige Hydria des Berl. Museums 2382.

fest mit der Hand" (χειρὶ παχείῃ), mit der der Schlüssel gehandhabt werden muß, 2. „mit zielsicherem Stoße" (ἄντα τιτυσκομένη). Sie stößt also von oben her durch das runde mit Metall eingefaßte Loch den gewundenen Schlüssel, und zwar so, daß der längere Teil des Schlüssels innen auf den Riegel trifft, während der Handgriff draußen bleibt. Natürlich muß auch der Riegel, damit er den starken Stoß aushalten kann (es gibt ja nach des Dichters Worten ein wahres Stiergebrüll) mit Erz beschlagen sein. Damit der Schlüssel den richtigen Punkt treffen kann, ist er an einigen Exemplaren unten breiter ausgeschlagen. So bei dem Schlüssel der athenischen Priesterin Habryllis, den ich bereits erwähnt habe (Abb. 10, S. 40). Die Dienerin nun auf unserem Bilde stößt mit dem Schlüssel an einen auf der Rückseite befindlichen Riegel und schiebt ihn dadurch zurück. Die Türe öffnet sich.

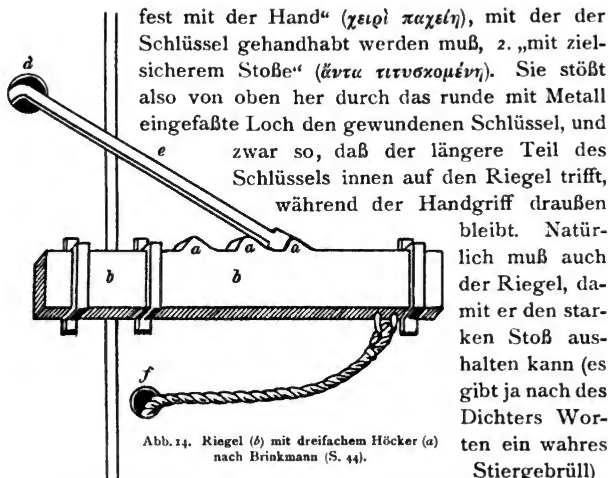


Abb. 14. Riegel (*b*) mit dreifachem Höcker (*a*) nach Brinkmann (S. 44).

Die beiden Abbildungen (12 und 13, S. 42) zeigen schematisch die homerische Flügeltür: einmal von außen, nachdem der Schlüssel durch das obere Loch auf den Mittelriegel gestoßen ist; dann auf der zweiten Abbildung ist sie in dem Zustande des Verschlusses abgebildet, ehe der Schlüssel von oben her den oberen Höcker des Riegels (Aufsatz) angreift und ihn nach rechts so weit zurückstößt, daß die auf den

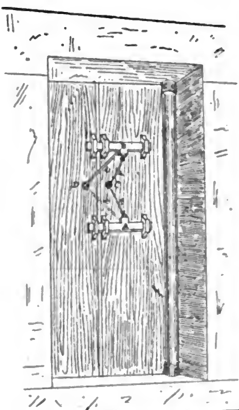


Abb. 15. Doppelverschluß der homerischen Tür.

linken Türflügel befestigte Krampe frei wird und dieser Flügel aufspringt.

Nach einer von Prof. Brinkmann in Bonn ersonnenen Modifikation dieses Systems kann der Riegel oben statt mit Einem Höcker mit zwei oder mehreren Höckern versehen werden (Abb. 14, S. 43). Dadurch kann der Spielraum, den der Riegel zum Zurückweichen hat, ansehnlich vergrößert werden.[1]) Ist nun die Türe durch Zurückstoßen des Riegels geöffnet, so kann man die Türe auf die einfachste Weise von der Welt wieder schließen, indem man nämlich den unten am Riegel befindlichen Riemen durch das Loch *f* anzieht. Schlüssel und Riemen entsprechen sich also bei diesem Systeme wie Öffnen und Schließen. Daher trägt die Priesterin Habryllis den Schlüssel mit dem dazu gehörigen Riemen. Denn bei Tempeln, die nicht immer bewacht werden konnten, empfahl es sich, den Riemen nicht stecken zu lassen, sondern zugleich mit dem Schlüssel nach Hause mitzunehmen.

Homer sagt, Penelope habe die Riegel (*ὀχῆας*) zurückgestoßen. Also scheint mindestens noch ein anderer Riegel vorhanden gewesen zu sein. Denn der Bogen wird ja in

1) Brinkmann, *Sitz.-Ber. d. Altertumsges. Prussia* XXI (1900) 299 legt Gewicht auf das Imperfektum *ἀνέκοπτεν*, das auch durch Annahme zweier Riegel eine ausreichende Erklärung nicht erhalte. Aber wenn seine Rekonstruktion des Riegels auch richtig sein mag und sich mit dem Imperfektum trefflich verträgt, zwei Riegel sind doch nötig wegen des Plurals *ὀχῆας*, der neben dem sonst nicht ungewöhnlichen Singular (z. B. Ω 566) seine reale Bedeutung haben muß.

der Schatzkammer verwahrt, die wie bei uns mit mehreren Riegeln versehen sein mußte. Obige Skizze (Abb. 15, S. 44) mag veranschaulichen, wie man sich die Öffnung zweier oben und unten befestigter Riegel (*A* und *B*) von dem einen Schlüsselloche *D* aus denken könnte.

War nun aber der Verschluß vor Dieben hinlänglich sicher? Nein. Deshalb hat Penelope sich nicht begnügt, die Tür ihrer Schatzkammer mit dem Riemen zuzuziehen und dadurch den Riegel in die Krampe zu schieben, sondern sie verknotet auch noch den Riemen an dem Ringe. Was das besagt, lehrt Homer an einer anderen Stelle der Odyssee (8, 438). Die Phäakenkönigin gibt dem Odysseus eine Truhe mit Deckel zum Aufbewahren seiner Gastgeschenke. Wir dürfen sie uns etwa so vorstellen, wie sie das Mädchen auf der Berliner Hydria im linken Arm hält (Tafel VI):

Aber Arete brachte die herrliche Truhe dem Fremdling
Jetzt aus der Kammer und legte darein viel schöne Geschenke,
Gold und Gewand, so ihm die phäakischen Fürsten verehret.
Dann gab selbst sie dazu noch Mantel und herrliches Hemde,
Und nun sprach sie zu ihm anhebend treffende Worte:
Sieh nun selbst nach dem Deckel und schlinge behende den Knoten,
Daß dich niemand beraube, sobald du ruhst auf der Heimfahrt
Drin in dem schwärzlichen Kahne vom lieblichen Schlummer umfangen!

Man sieht, das ist ein Zauberknoten, den nur der göttliche Dulder zu schlingen und zu lösen weiß. Denn er hat das bei der Zauberin Kirke gelernt. Heißt es doch sofort (446):

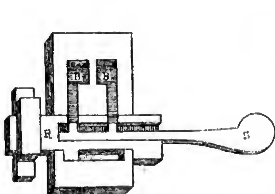
Doch als dieses vernahm der göttliche Dulder Odysseus,
Fügt' er den Deckel drauf und schlang dann hurtig den Knoten
Vielfach hin und her, wie die Zauberin Kirke ihn lehrte.

Leider dauerte der unschuldige Zustand der Menschheit nicht lange, wo man sich durch Zauberknoten von verschlossenen Schatzhäusern abhalten ließ.[1]) So erfand man

1) Über die Form der antiken Knoten vgl. Wolters, *Zu griechischen Agonen* (Würzb. Progr. 1901) S. 7 ff.; ders., *Faden und Knoten als Amulett, Archiv*



ein Kunstschloß, dessen Schlüssel den Namen „lakonischer Schlüssel“ führt. Aristophanes schildert in den Thesmophoriazusen ergötzlich den Ärger der Weiber, daß sie jetzt nicht mehr in der Speisekammer naschen könnten, da die Männer sie mit bösartigen Geheimschlüsseln absperrten, die drei Zinken hätten.[1]) Das System dieser la-





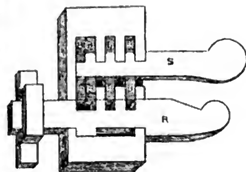


Abb. 16. Abb. 18. Abb. 17.
Jacobische Modelle von hölzernen Balanosschlössern.

konischen Schlüssel ist alt und nicht in Griechenland aufgekommen. Es finden sich dergleichen Schlösser in Ägypten schon aus der Zeit Ramses' II. (1292—1225), und sie sind auch heute im Orient wie bei uns hier und da noch im Gebrauch in mannigfaltigen Variationen.

Das einfachste System ist folgendes[2]): Wir haben einen zwei- oder dreizinkigen Schlüssel *S*, der entweder in den Riegel *R* (Abb. 16) oder in das Gehäuse darüber (Abb. 17)

---

f. Religionsw. VIII Beiheft, S. 1 ff.; v. Bissing, *Ägyptische Knotenamulette*, ebd. S. 23 ff.; Heckenbach, *De sacris vinculis* (Dieterich-Wünsch, *Religionsgesch. Versuche* IX 3) 104 ff.

1) Thesm. 421 οἱ γὰρ ἄνδρες ἤδη κλειδία
αὐτοὶ φοροῦσι κρυπτά, κακοηθέστατα
Λακωνίκ' ἄττα, τρεῖς ἔχοντα γομφίους.

2) Die Zeichnungen sind nach den zierlichen, von dem verstorbenen Geh. R. Jacobi in Homburg konstruierten Modellen angefertigt. Exemplare in Holz und kompliziertere in Eisen sind stets im Saalburgmuseum ausgestellt und käuflich. Ein ähnliches noch jetzt in Thera verwendetes Balanosschloß befindet sich als Geschenk des Herrn Hiller von Gärtringen in dem Apparat des Berliner Instituts f. Altertumskunde.

eingesteckt wird. Im ersteren Falle hebt man ihn um ein kleines, so daß die Zinken die darüber stehenden, aus dem oberen Gehäuse in den Riegel sperrend eingreifenden Klötzchen (*βάλανοι*, d. i. Eicheln) *B* aus dem Riegel nach oben hinausdrängen, wodurch die Sperre des Riegels aufgehoben wird. Indem sich nun die Zinken in die vorher von Klötzchen eingenommenen Löcher eindrängen, läßt sich der Riegel durch den Schlüssel nach rechts aus dem Verschlusse lösen.

Ähnlich ist das über dem Riegel wirkende zweite System (Abb. 17). Man führt den Schlüssel *S* in das Gehäuse ein, hebt die Klötzchen *B* (Abb. 18) so hoch, daß ihr unterer in *R* eingreifender Teil gehoben wird (diesen Zustand stellt die Abbildung dar). Dadurch wird die Sperrung des darunter befindlichen Riegels *R* aufgehoben. Er läßt sich nun an seinem nach rechts überstehenden Ende leicht herausziehen.

Damit Sie sehen, wie dieser Balanosverschluß an der Türe selbst funktioniert, zeige ich Ihnen hier die Ansicht einer in dem heutigen Dorfe Politiko auf Cypern befindlichen Doppeltüre[1]), bei der das alte durch die Jahrtausende treubewahrte System in einer kleinen Variante erscheint (Tafel VII, dazu das Schema Abb. 19, S. 48).

Rechts ist das Schloß, über dem sich der Ring zum Zuziehen befindet, im Zustande des Verschlusses. Der Schlüssel ist abgezogen und hier zur Verdeutlichung zwischen dem Riegel und dem Riegelklötzchen, das ihn am allzu weiten Heraustreten hindert, aufgelegt (der undeutliche Stab zwischen Ring und Schloß ist ein Maßstab). Soll nun geöffnet werden, so wird der mit drei Zähnen versehene Schlüssel *S* (Abb. 19, S. 48) in das Schlüsselloch eingesteckt und die im Innern befindlichen Balanosklötzchen (*B*) aus der Verzahnung des Riegels *R* gehoben, der dann

1) Ich verdanke die Photographie dieser Türe Herrn Wilh. Dörpfeld (Institutsphotogr. Cypern n. 79 Athen).

nach links bis zu dem Pflocke *P* zurückgeschoben werden kann.

Mit Sicherheit läßt sich der Gebrauch der „lakonischen“ Schlüssel und des dazu gehörigen Balanossystems in Griechenland und seinen Kolonien nur bis zum Anfang des 5. vorchr. Jahrh. hinauf verfolgen. Allein wenn Aristophanes a. a. O. diese modernen Schlüssel „Geheimschlüssel“ (κλειδία κρυπτά) nennt und in einem der jüngsten Teile der Ilias[1]) der Thalamos der Hera geschildert wird, den ihr Sohn Hephaistos mit einem Geheimschloß (κληῖδι κρυπτῇ) versehen hatte, das kein anderer Gott zu öffnen imstande war, so ist es wahrscheinlich, daß der auch sonst sehr modern gerichtete Dichter dieser Episode auf diese Geheimkunst anspielt wie Parmenides in seiner Schilderung der himmlischen Türe.[2]) An dem Berichte des Plinius[3]), daß Theodoros von Samos den Schlüssel (es kann nur der lakonische gemeint sein) erfunden haben soll, mag wohl etwas sein. Denn, wie früher erwähnt[4]), steht diese Insel zu Polykrates' Zeit an der Spitze der hellenischen Technik, und die lebhaften Beziehungen zu Ägypten machen es nicht unwahrscheinlich, daß damals intelligente Techniker von dorther ein System in ihre Heimat einführten, dessen Vorzüge auch heute wieder in den raffinierteren Schlössern der Sicherheitsschränke zur Geltung gebracht werden.

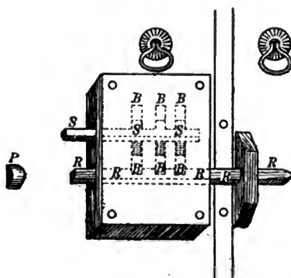
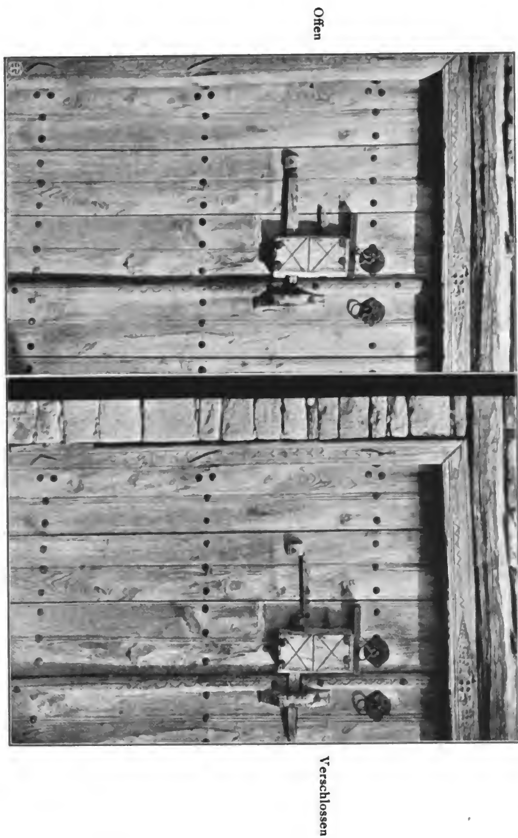


Abb. 19. Kyprisches Schloß mit der inneren Einrichtung.
S Schlüssel im Begriff, die Balanosklötzchen aus dem Riegel zu heben. *R* Riegel noch im Verschluß. *B* Balanosklötzchen, unten noch im Riegel festsitzend. *P* Pflock zur Hemmung des herausgezogenen Riegels.

1) In der Διὸς ἀπάτη Ξ 165 ff. 2) 1,16 βαλανωτὸν ὀχῆα.
3) N. hist. VII 198. 4) S. 7 ff.

Offen



Verschlossen

Tür in Politiko (Cypern). Balanoverschluß.

Freilich unsere gewöhnlichen Schlösser sind heutzutage Federschlösser. Die Einrichtung eines solchen Schlosses läßt sich leicht an einer schematischen Skizze (Abb. 20) zeigen. Der in eine Röhre endigende Schlüssel wird auf den Dorn *B* aufgesetzt. Der

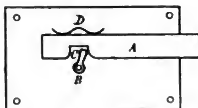


Abb. 20. Modernes Drehschloß. Inneres geöffnet. *A* Riegel. *B* Dorn. *C* Hohler Schlüssel mit Bart. *D* Feder.

„Bart“ des Schlüssels spielt um diesen festen Punkt *B*, und indem beim Umdrehen der federnde Riegel *A* von rechts nach links gedreht wird, schiebt er sich in das Schloß zurück und öffnet dadurch den Verschluß. Dieses „Drehschloß“ ist bereits den Römern bekannt. Die meisten Schlüssel, die man aus römischer Zeit gefunden hat, gehören diesem System an. Es sind darunter zum Teil kunstvoll gearbeitete Stücke, wie der pompejanische Türschlüssel (Abb. 21). Ich habe früher versucht, aus den Türschlössern und Schlüsseln, die auf attischen Vasen erscheinen, den Ursprung dieses bequemen Verschlusses in das hellenische Altertum hinaufzurücken.[1]) Dieser Nachweis ist bei der Inkorrektheit der Vasenmaler, wo es sich um solche Details handelt, nicht ganz sicher. Man wird also warten müssen, bis fest datierbare Fundstücke diese Hypothese bestätigen. Aber sei dem, wie es wolle, man wird aus dem Mitgeteilten den Eindruck empfangen, daß die antike Technik nicht ohne Geschick und Erfolg an der Sicherung des Eigentums gearbeitet und der Neuzeit manche fruchtbare Anregung auch auf diesem Gebiete gegeben hat.



Abb. 21. Pompejanischer Türschlüssel.

1) *Parmenides* S. 145 ff.

III
DAMPFMASCHINE, AUTOMAT, TAXAMETER

Die meisten von Ihnen werden die Wasserkünste im nahegelegenen Parke von Hellbrunn [1]) kennen, nur wenige dagegen werden wissen, daß diese im 17. und 18. Jahrh. beliebten technischen Wunderwerke der Anregung eines griechischen Autors verdankt werden, dessen physikalisch-mechanische Werke fast als einziger Überrest der antiken, wissenschaftlich fundierten Technik sich zu den Arabern und zu uns herüber gerettet haben. Dieser Autor heißt Heron von Alexandrien. Er lebte wahrscheinlich im 2. Jahrh. nach Chr.[2]) und ist uns dadurch besonders wertvoll, daß er neben einigen eigenen kleinen Erfindungen einen großen Schatz antiker Physik und Technik wörtlich abgeschrieben hat, der seit der Renaissance unsere moderne Mechanik vielseitig angeregt und befruchtet hat.[3])

---

1) Das kaiserl. Schloß Hellbrunn, 5 km südlich von Salzburg, ist vom Erzbischof Marcus Sitticus 1613 erbaut und der Park mit großen Wasserkünsten (mechanisches Theater mit 154 Figuren und Orgelwerk, Neptunsgrotte mit zwitschernden Vögeln) ausgestattet werden, die noch heute ein zahlreiches Publikum anlocken.

2) Die Ansichten der neueren Forscher schwanken zwischen 100 vor Chr. (Martin, Hultsch, Tittel, R. Meyer) und 200 nach Chr. (Hammer-Jensen, *N. Jahrb. f. d. kl. Alt.* XXV 413 ff., die neuerdings [*Herm.* XLVIII 224 ff.] sogar bis 300 n. Chr. herabgeht). Dagegen R. Meyer, *De Heronis aetate*, Leipzig 1905. Er schließt S. 39 *Heronem neque ante secundi ante Chr. n. saeculi partem alteram neque multo post primum a. Chr. n. saeculum medium floruisse.* Dagegen wieder A. A. Björnbo, *Berl. Philol. Woch.* 1907, Sp. 321 ff. Ich halte an der von mir zuerst vertretenen, von Carra de Vaux, Tannery, Heiberg u. a. angenommenen späteren Datierung (2. Jahrh. n. Chr.) fest, obgleich ein sicheres Resultat noch nicht gewonnen ist. Literatur bei Tittel Art. *Heron* in Pauly-W. *R.-Enc.* VIII 992 ff.

3) Herons hier hauptsächlich in Betracht kommende Pneumatica und

Sein Name ist in dem Schulunterrichte mit dem sog. Heronsball verknüpft, in dem Wasser durch komprimierte Luft zum Ausfluß gebracht wird.[1]) Das Prinzip ist schon in der von Ktesibios erfundenen Feuerspritze[2]) zur Anwendung gebracht. Eine modernere Form ist der Siphon und die Parfümspritze.

Wichtiger ist für die Folgezeit Herons Dampfkugel (Aeolipile)[3]) geworden, der Keim der modernen Dampfmaschine. Die aus antiker Zeit stammenden schematischen Zeichnungen unserer Heronhandschriften geben für Uneingeweihte schwerlich einen Begriff der Sache.[4]) Sie sehen so aus (Abb. 22).

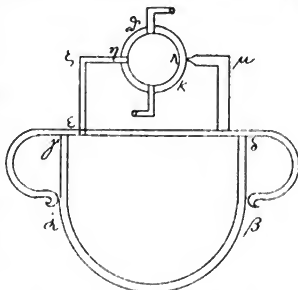


Abb. 22. Herons Dampfkugel. Nach der Zeichnung des Tauriensis.

Verständlicher muten uns die beiden Ansichten der Dampfmaschine an, die Wilhelm Schmidt seinem Texte selbst beigegeben hat[5]) (Abb. 23 und 24, S. 52, 53).

Das in dem unteren Kessel $\alpha\gamma\delta\beta$ enthaltene Wasser wird

---

Automata liegen in einer ausgezeichneten Ausgabe von Wilhelm Schmidt, Heronis Opera I mit Supplement (Leipzig, Teubner 1899), vor, in welcher dem nach den Hss. sorgfältig rekonstruierten griechischen Texte eine deutsche Übersetzung und die modernisierten Abbildungen der gr. Hss. beigegeben sind. Der von mir zu diesem Werke angeregte Gelehrte ist leider in Folge von Überarbeitung nach Beendigung der Mechanik und Katoptrik (Heronis opp. II 1, Leipzig 1900) gestorben. H. Schoene und J. L. Heiberg haben die Ausgabe (III, IV) fortgesetzt.

1) Heron, Pneumatik c. 15 (I, S. 243 Schmidt). Vgl. 23 (271).

2) Vgl. Hammer-Jensen, *N. Jahrb. f. d. kl. Alt.* XXV (1910) 414.

3) Der aus Vitruv I 6, 2 stammende Ausdruck *aeolipila* bedeutet eigentlich etwas anderes.

4) W. Schmidt, Einl. zu s. Heron I, S. XLV, Abb. 55b.

5) S. 230 u. 231, Abb. 55 und 55a.



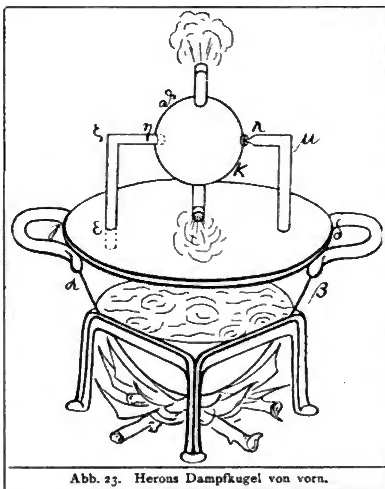


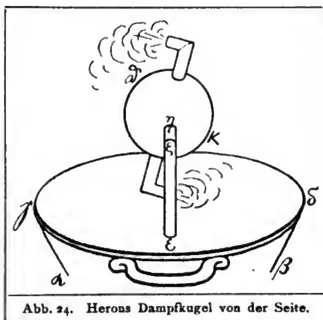
Abb. 23. Herons Dampfkugel von vorn.

erhitzt. Der Dampf steigt in der Röhre $\varepsilon\zeta\eta$ empor und dringt in die um η und λ sich drehende Kugel $\vartheta\varkappa$, die zwei hakenförmig gekrümmte Ausflußröhren besitzt, deren Enden nach entgegengesetzter Richtung gebogen sind. Der ausströmende Dampf stemmt sich gegen die umgebende Luft und treibt daher die leichtbewegliche Kugel im entgegengesetzten Sinne zu dem Dampfstrom, wodurch ein schnelles Rotieren derselben bewirkt wird.

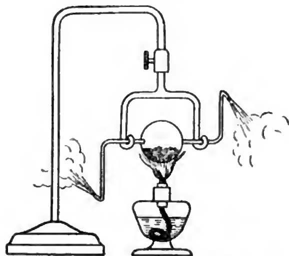
Um Ihnen das alte Experiment hier vorzuführen, bediene ich mich einer ┌──┘-gekrümmten Glasröhre, die in der Mitte kugelförmig aufgeblasen ist[1]) und zu beiden Seiten der Kugel an einem Draht aufgehängt ist, so daß sie leicht um ihre Achse rotieren kann (Abb. 25). Fülle ich nun die Kugel mit etwas Wasser und erwärme sie vorsichtig, so strömt der Dampf zu beiden Seiten aus und die Röhre dreht sich immer schneller, je stärker die Erwärmung und Dampfentwicklung sich vollzieht.

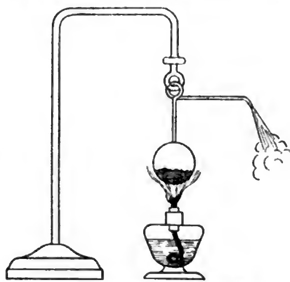
1) Ich habe diesen und den folgenden kleinen Apparat von der Glasbläserei Burger & Co., Berlin N 4, Chausseestr. 8, bezogen, welche diese beiden Muster auf Lager hält.

Noch einfacher ist der kleine einarmige Apparat, den ein englischer Gelehrter, Sir George Greenhill, erdacht hat[1]) und den ich Ihnen hier auch vorführe (Abb. 26).


Abb. 24. Herons Dampfkugel von der Seite.

Wenn nun auch in diesen kleinen Experimenten die Wirkung der Dampfkraft sich deutlich bekundet, so war gleichwohl bis zur Erfindung der Dampfmaschine noch ein weiter Weg.[2]) Die Zeit Herons war mehr auf Spielerei als auf praktische Ziele gerichtet.


Abb. 25. Zweiarmige Dampfkugel.


Abb. 26. Einarmige Dampfkugel.

1) Er war früher Professor der Mathematik an der Artillerieschule von Woolich. Ich verdanke die Kenntnis seines zierlichen Apparates Herrn Herm. Amandus Schwarz dahier, der ihn s. Z. der Akademie vorführte. Als drehbarer Aufhänger diente ihm dabei der obere Teil eines gewöhnlichen Taschenuhrschlüssels (alter Konstruktion), der an einen Halter angeschraubt wurde.

2) Doch ist zu bemerken, daß der von Heron, Pneum. II 34 und Athen. III 98c beschriebene Badeofen (*Miliarium*) eine Feuereinrichtung hat, die mit den modernen Systemen von Cornwall, Galloway und Field bemer-

Seine Darstellung der physikalischen Probleme erinnert durchaus an die Art, wie die Physik in den Kuriositätenkabinetten der hohen Herren im 17. und 18. Jahrh. betrieben wurden. Immerhin zeigt eine Anwendung des Heronischen Dampfmaschinenexperiments zu praktischen Zwecken eine Erfindung, die Giovanni Branca, der von 1616 an als Architekt der Santa Casa in Loretto angestellt war[1]), 1629 veröffentlicht hat. Er leitet den ausströmenden Dampf auf ein Schaufelrad (Abb. 27), durch das vermittelst mehrerer Übertragungen ein kleines Stampfwerk in Betrieb gesetzt werden soll. Ob der Plan wirklich ausgeführt worden ist, habe ich nicht ermitteln können. Jedenfalls hatte diese Erfindung für die Technik zunächst keine weiteren Folgen.

Auf Spielerei läuft bei Heron auch ein großer Teil seiner Automaten hinaus. Die Schrift, die sich mit diesen

---

kenswerte Analogien bietet. Vgl. W. Schmidt, *Zur Gesch. des Dampfkessels im Altertum*, *Bibliotheca math.* III. Folge 4 (1902) 337 ff. Ferner ist von O. v. Lippmann (*Abh. u. Vorträge* II 201) nachgewiesen worden, daß der von Papin 1687 erfundene Dampfkochtopf („Digestor") bereits bei Philumenos, einem Arzte des 3. Jahrh. n. Chr., zur Bereitung der Tisane vorgeschrieben wird. Mit Recht bemerkt der Verf., daß dieser Arzt nur als Kompilator in Betracht kommt. Die Erfindung ist also älter.

1) Sein Buch hat den Titel: *Le Machine. Volume nuovo et di molto artificio da fare effetti maravigliosi tanto Spiritali quanto di Animale Operatione arichita di bellissime figure con le dichiaratione a ciascuna di esse in lingua volgare et latina*, Roma 1629. 4° (Kgl. Bibl. Og 8698. 4°). Die lateinische Erklärung lautet: Fig. 25 *ad tundendum materias pro facienda* (sic) *pulvere, sed cum mirabili motore, qui nil aliud est quam caput metalli cum suo trunco signato per A aqua pleno per foramen B posito supra accensos carbones in foco C, ut non possit in alium locum expirare quam in os D. ita violentum spiritum emittet, ut vertens rotam E et suum rochettum* (Stabrad) *F pulsaverit in rotam dentatam G et suo rochetto H movet rotam I quae rochetto K movet rotam L cum cilindro impernato* (mit Stiften versehen) *pro extollendis duobus pistillis N. O. in fixis fulcimentis P. Q. quae invicem se extollentes supra vasa metalli M tundantur pulvis aliaeque materiae necessitate.* Da der dampfausblasende Kopf aus Heron, Pneumat. II 34 (I 304, Abb. 78a Schmidt) stammt (ähnliche „Püstriche" des 15. Jahrh. bei Feldhaus, *Technik* S. 844 ff.) wie das Motiv des Dampfbetriebs, so ist es fraglich, ob dieses Projekt jemals über das Papierstadium hinaus gediehen ist.

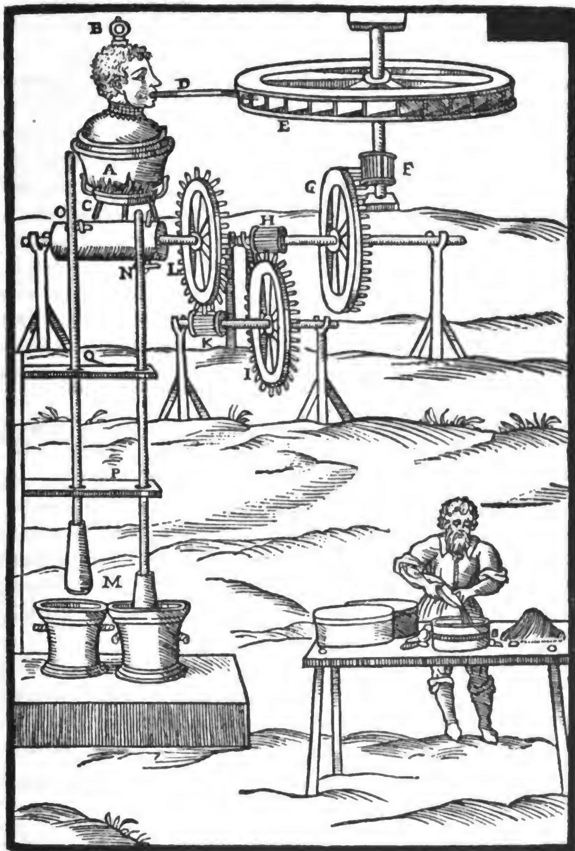


Abb. 27. Brancas Dampfmühle.

zierlichen Kunstwerken der antiken Mechanik befaßt,[1]) hat theatralische oder populär-religiöse Vorführungen zum Zwecke. So ist in diesem „Automatentheater“ ein Apparat beschrieben, um den Zuschauern ein Bacchusfest im kleinen vorzuzaubern,[2]) ein anderer führt ein antikes Drama Nauplios in fünf Akten vor, dessen Figuren alle durch Räderwerke und Seile automatisch nacheinander in Bewegung gesetzt wurden.[3]) Palamedes, der Sohn des Nauplios, war durch die Ränke der Hellenen im Lager von Troja gesteinigt worden. Daher rächte sich der Vater Nauplios dadurch an den heimkehrenden Griechen, daß er an der Südspitze von Euböa ein falsches Fanal in der Nacht errichtete. Die Schiffe der Griechen erleiden an dem gefährlichen Vorgebirge Kaphereus sämtlich den Untergang. Athene schleudert den Blitz gegen Ajax.

Das Automatentheater stellte das Drama nun in folgenden fünf Akten vor:

1. Akt: zwölf Griechen hantieren an den Schiffen, um sie von Stapel zu lassen. Allerlei Handwerker arbeiten im Hintergrunde: sägen, hämmern, bohren usw., ähnlich wie bei den Hellbrunner Automaten, nur das dieses altgriechische Automatentheater nicht durch Wasserkraft, sondern durch starke Gewichte getrieben wird, die mit Schnüren die Räder und Maschinen in Bewegung setzen.

2. Akt: Stapellauf der Schiffe.

3. Akt: Fahrt der Schiffe. Delphine tauchen neben den Schiffen auf und nieder.

4. Akt: Sturm. Nauplios errichtet das falsche Fanal.

---

1) *Περὶ αὐτοματοποιητικῆς* (d. h. Über die Kunst der Verfertigung von Automaten) Heron I 338—453 ed. W. Schmidt.

2) Ebd. c. 13 S. 382 ff.

3) Ebd. c. 24—30 S. 423 ff. Dazu W. Schmidt *Hero v. Alex.* (Sonderabdr. aus *N. Jahrb. f. d. kl. Alt.* 1899 S. 250 ff.), Leipzig 1899, S. 12; R. Schoene, *Jahrb. d. arch. Inst.* V (1890) 73.

5. Akt: Schiffbruch. Ajax schwimmt nach dem Lande. Da erscheint oben auf der Theatermaschine (ganz wie im alten attischen Theater) die Göttin Athene, die den Blitz gegen ihn schleudert. Die Donnermaschine besorgt den obligaten Gewitterlärm. Ajax verschwindet in den Fluten, indem ein Prospekt sich vorschiebt und den Schwimmer verdeckt.

Diese Theaterautomaten haben früher in den mechanischen Theatern der Jahrmärkte vielfach Nachahmung gefunden. Heutzutage ist von den Automaten Herons nur noch einzelnes, z. B. „die zwitschernden Vögel" und dgl., als Spielwerk in praktischer Verwendung. Zwei Vorrichtungen Herons aber haben in der allerletzten Zeit eine ungewöhnliche Bedeutung für den Verkehr erhalten: der Taxameter und der Warenautomat.

Der Taxameter (Taxenmesser) heißt bei Heron Hodometer (Wegmesser). Seine Beschreibung[1]) lautet in freier Übersetzung so:

Mit dem Hodometer können wir auf dem Lande zurückgelegte Entfernungen messen, ohne die Maßkette oder die Maßstange mühsam zur Anwendung zu bringen. Vielmehr sitzen wir bequem im Wagen und messen die zurückgelegten Entfernungen einfach an der Drehung der Räder.

Die Maschine wird so hergestellt (Ab. 28, S. 58): Man baut einen Kasten *ΑΒΓΔ*. Auf dessen Boden ist ein mit acht Speichen versehenes Rad *EZ* eingesetzt, das parallel zu dem Boden des Kastens sich um eine Achse dreht, die oben in einen Zwischenboden eingelassen ist. Der Kasten ist an der Stelle, wo jenes Speichenrad läuft, so ausgeschnitten, daß von unten her ein vertikaler Stift in die Speichen desselben eingreifen kann, der mit der Nabe des großen Wa-

1) Herons Dioptra 34 (III, S. 292 ed. H. Schoene); dazu v. Wilamowitz, *Lesebuch* I 262 (emendierter Text und Abbildung).

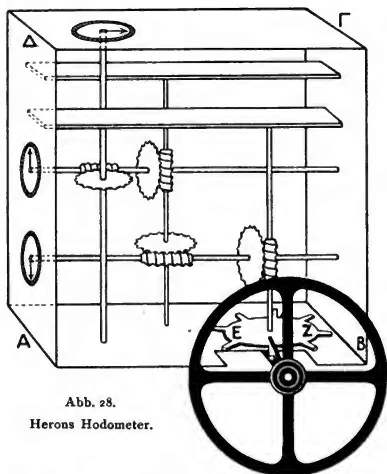


Abb. 28.
Herons Hodometer.

genrades in Verbindung steht und bei einer einmaligen Drehung des Rades einmal auf eine jener acht horizontalen Speichen trifft und sie fortschiebt, so daß die zweite, dritte Speiche usf. an den Ausschnitt vorrückt.

An der nach oben gehenden Achse des Speichenrades ist ein Zylinder mit Schraubengewinde (Schraube ohne Ende) angebracht. In dieses Gewinde greift ein vertikales Zahnrad ein, das an einer Querachse befestigt ist. Diese hat wieder ein Gewinde, das ein zweites horizontales Zahnrad treibt; dessen Achse mit Schraube treibt ein drittes Zahnrad, dies ein viertes System und so nach Belieben weiter. Je mehr Zahnräder und Gewinde wir anbringen, um so mehr Meilen können wir im Wegmesser messen.

Nun arbeitet der Mechanismus folgendermaßen: Jede Drehung des Gewindes rückt das Zahnrad um einen Zahn weiter. Wenn nun das umlaufende Rad des Wagens einen Umlauf vollendet hat, so dreht der Stift der Nabe eine der acht Speichen um. Hat nun das nächste Zahnrad 30 Zähne, so markiert das anstoßende zweite Schneckengewinde e i n e Umdrehung, wenn $8 \times 30 = 240$ Umdrehungen des Wagenrades vollzogen sind. Das nächste Zahnrad zeigt dann

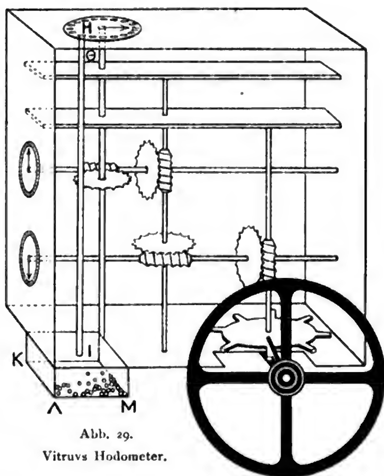


Abb. 29.
Vitruvs Hodometer.

240×30=7200 Umdrehungen des Wagenrades an. Hat nun dieses eine Peripherie von 10 gr. Ellen = 15 gr. Fuß, so gibt die Totalsumme 7200×15 Fuß, d. h. 108000 Fuß. Da nun 600 Fuß ein griechisches Stadion ausmachen, so beträgt der zurückgelegte Weg 180 Stadien.

Um nun diese Umdrehungszahlen sofort äußerlich kenntlich zu machen, gehen die runden Achsen der Zahnräder nach außen hin durch und laufen dort in quadratischer Form aus. Diese Enden tragen Zeiger, die einen graduierten Kreis durchlaufen, an dem man den Stand der einzelnen Räder ablesen und so die Entfernung genauer feststellen kann. Also etwa so wie bei unseren Elektrizitätsmessern.

Ein etwas abweichendes Hodometer beschreibt der römische Architekt Vitruv X 9, 1—4[1]), der ähnliche mechanische Werke wie Heron nach alexandrinischer Vorlage lateinisch bearbeitet hat. Namentlich gibt er Nachricht von den Erfindungen des Ktesibios, des Erfinders der Feuerspritze. Der Hodometer des Vitruv (Abb. 29) ist sonst konstruiert wie der des Heron. Allein das letzte Zahnrad, dessen Umdrehungen die

1) Er lebte unter Augustus. S. oben S. 32.

Totalsumme der zurückgelegten Reise anzeigen, hat eine Anzahl von Löchern im Kreise durchgebohrt, soviele Meilen etwa an einem Tage zurückgelegt werden können. Diese Löcher sind mit Kugeln ausgefüllt, die lose zwischen diesem Rade und dem in geringem Abstand darunter befindlichen Deckel des Gehäuses liegen. Nun läuft nach Umdrehung einer Meile das Loch *H* des Zahnrades über ein entsprechendes Loch des Gehäuses, das wie die Löcher des Zahnradkreises die Kugel durchläßt. In dieses Loch mündet eine Rinne *ΘI*, durch welche die Kugel aus dem Zahnrad nach unten befördert wird und in eine eherne Schublade *KΔIM* unter dem Hodometerkasten auffällt. Dadurch wird den Mitfahrenden jedesmal die zurückgelegte Meile zu Gehör gebracht. Am Ende der Reise zieht man die eherne Schublade heraus, zählt die Kugeln nach: so viel Kugeln, so viel Meilen. Man sieht, Vitruvs Apparat ist nicht so elegant und wissenschaftlich genau wie der Wegmesser Herons, aber er ist praktisch, er ist römisch!

Interessant ist nun, daß Vitruv (X 9, 5—7) mitteilt, was Heron ausgelassen hat, daß dieser Hodometer auch bei der Schiffahrt Verwendung finden kann. Die Schiffe, seien es Ruder- oder Segelschiffe, werden an der Seite mit Schaufelrädern einer bestimmten Dimension versehen, wie unsere Räderdampfschiffe.[1]) Die Bewegung des Schiffes setzt die Räder in Bewegung und diese markieren die zurückgelegte Meilenzahl.

Dieses System hat trotz aller neueren Versuche bis jetzt das umständliche und unzuverlässige Logsystem unserer Schiffe, das 1577 der Kupferstecher Humphray Cole er-

1) Der Gedanke, Räder zur Fortbewegung der Schiffe zu benutzen, ist bereits am Ende des Altertums (gewiß nach früheren Schriften) aufgetaucht bei dem Anonymus De rebus bellicis S. 20 ed. R. Schneider (Berl. 1908), über den im 5. Vortrage ausführlicher gehandelt ist.

funden hat, noch nicht verdrängt, wohl aber hat der Wegmesser seit einem Menschenalter sich siegreich durchgesetzt. Schon Leonardo da Vinci hat nach Vitruv zwei Skizzen von Wegmessern entworfen.[1]) Auch der moderne Taxameter ist genau dem Prinzip des antiken Hodometers nachgebildet. Nur wird die Umdrehung des Hinterrades nicht direkt auf den Apparat geleitet, sondern durch eine pneumatische Schlauchleitung auf den Kutscherbock übertragen.

Zuletzt erwähne ich aus der Reihe der Apparate Herons den Weihwasserautomaten, der das Vorbild unserer Schokolade- und Billettautomaten geworden ist.[2]) Im Altertum stand dieser Apparat vor den Tempeln, um das Weihwasser gegen Einlage eines Kupferstückes auf die Hände des frommen Tempelbesuchers herabrieseln zu lassen. Heron teilt mit, daß die schlauen ägyptischen Priester diese Verbindung von Weihwasserbecken (*περιρραντήριον*) und Opferstock (*θησαυρός*) ausgedacht und die alexandrinischen Mechaniker diesen Apparat eingerichtet hätten. Er beschreibt seinen Automaten folgendermaßen (Abb. 30, S. 62): Man nehme einen Opferstock *ΑΒΓΔ*, der auf der oberen Platte einen Schlitz *α* hat. Darin befindet sich ein mit Wasser gefülltes Gefäß *ΖΗΘΚ*. Auf dessen Boden befindet sich eine Büchse *Λ*, die mit der Ausflußröhre *ΛΜ* in Verbindung steht.

Hinter dem Wassergefäß befindet sich in dem Opferstock ein senkrechter Stab *ΝΞ*, um dessen oberes haken-

1) Cod. Atlantic. f. 1 R. (nach Feldhaus, *Leonardo der Techniker*, Jena 1913, S. 115 f.).

2) Heron, Pneumat. I 21 (I 110 ff. Schmidt). Heron läßt für die äußere Form der Automaten die Wahl zwischen einem *Spondeion* (Krug zum Spenden) oder einem *Thesauros* (Opferkasten). Ich habe für die Zeichnung der Deutlichkeit wegen die letztere Form gewählt. Ein steinerner, ebenfalls (wie der Heronische) ägyptischen Göttern (Sarapis, Isis, Anubis) geweihter Thesauros (Anf. d. 3. Jahrh. v. Chr.) hat sich auf Thera gefunden. *Mitt. d. ath. Inst.* XXI (1896) 257. I. G. XII 3 n. 443 (S. 104).

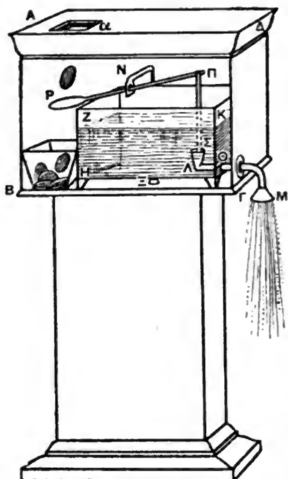


Abb. 30. Herons Wasserautomat (vorn geöffnet).

förmig umgebogenes Ende der Wagebalken $P\Pi$ balanziert. Der Wagebalken hat an dem einen Schenkel eine kleine Platte P, die im Zustande der Ruhe parallel zu dem wagerechten Deckel oder dem Boden des Opferstockes steht; wird die Platte aber durch ein kleines Gewicht oder eine Kupfermünze beschwert, so senkt sie sich und natürlich hebt sich entsprechend der andere Schenkel des Wagebalkens bei Π. An diesem hängt eine Stange $\Pi\Sigma$, die mit einem Deckel unten in die Büchse Δ hineingreift und die Ausflußröhre ΔM in Zustand der Ruhe verschließt. Wird dagegen oben durch den Schlitz α das Geldstück hineingeworfen, so fällt dieses auf die Platte P, drückt sie nieder und gleitet an dem nunmehr schiefgestellten Plättchen in den Opferstock hinunter. Die Senkung des Wagebalkens hebt auf der andern Seite den rechten Schenkel desselben und damit die Stange $\Pi\Sigma$; der Verschluß der Büchse Δ öffnet sich, und das Wasser strömt durch das Rohr ΔM aus dem Gefäß $ZH\Theta K$ heraus. Inzwischen schnellt der Wagebalken, nachdem das Geldstück heruntergefallen, wieder in seine alte Lage zurück, die Stange $\Pi\Sigma$ verschließt wieder die Ausflußröhre, und das Spiel kann von neuem beginnen. Der Küster öffnet von Zeit zu Zeit den Opferstock, nimmt die Kupferstücke heraus (Heron nimmt ein Fünfdrachmenstück, das etwas mehr als ein

Lot [17,80 g] wog, als Normalstück) und füllt frisches Weihwasser nach.

Der Erfinder dieses alten Tempelwunders hätte sich gewiß nicht träumen lassen, daß seine Idee etwas vervollkommnet den ganzen modernen Kleinverkauf umgestalten würde. Es ist nicht bekannt, ob der moderne Erfinder der Automaten[1]) Heron direkt benutzt hat. Aber da das Buch die ganze neuere Mechanik direkt und noch mehr indirekt beeinflußt hat, so ist ein Zusammenhang wohl möglich, namentlich in England, wo die klassische Bildung noch mehr wie sonst das Zeichen des gebildeten Mannes ist und eine moderne englische Übersetzung, die durch das Zusammenwirken eines Philologen und eines Maschineningenieurs entstanden ist[2]), die antiken Ideen mehr verbreitet hat als bei uns.

---

1) P. Everitt in London, der 1885 die ersten Verkaufsautomaten konstruierte.

2) B. Woodcroft, *The pneumatics of Hero of Alexandria from the original greek translated and edited*, London 1851. Das Buch ist dem Prinzen Albert gewidmet und nicht ohne Verdienst. Vgl. W. Schmidt, Hero, Supplem. S. 135.

IV

ANTIKE TELEGRAPHIE

Der Wunsch, räumlich entfernten Personen seinen Willen kundzutun, hat jedenfalls stark mitgewirkt zur Erfindung der Schrift, die sich bei den Sumeriern und ihren Nachfolgern, den Babyloniern und Assyrern, wie bei den Ägyptern in die graue Vorzeit verliert. Auch die Herrscher der mykenischen Epoche verfügten über eine ausgebildete, leider noch unentzifferte Schrift.[1] Die Vorstellung, als ob die Homerischen Sänger keine Schrift gekannt hätten, hat sich angesichts der Entdeckungen des letzten Menschenalters als falsch erwiesen. Selbst die gewöhnliche griechische Schrift, welche die Alten selbst die phönikische nannten, weil sie tatsächlich den Phönikiern entlehnt ist, war schon im 9. Jahrh., also zu Homers Zeit bekannt, und so sehen wir die berühmte Stelle der Ilias[2]), wo der König Proitos dem Bellerophon einen Uriasbrief mitgibt an seinen Schwager, den Lykierkönig Iobates, jetzt mit anderen Augen an. „Zeichen tödlichen Sinnes geritzt in gefaltete Tafeln“ gab er ihm nach Asien mit und gebot ihm, sie dem verwandten Herrscher zu bringen.

Da diese Schreibtafel mit dem geheimen Befehl, den Überbringer zu ermorden, dem Bellerophon selbst nicht sichtbar sein durfte, mußte sie, wie das im ganzen Altertum üblich war, aus einer hölzernen Doppeltafel bestehen, deren beide Blätter an der einen Seite zusammenhingen, an der

---

1) Die kretischen Schriften dieser Epoche hat gesammelt A. J. Evans, *Scripta Minoa, the written documents of Minoan Crete with special reference to the archives of Knossos* I, Oxford 1909.

2) 6, 155.



Das tanagräische Mädchen mit dem Diptychon.
(Sammlung Saburoff.)

anderen aber mit Faden und Siegel verschlossen waren, mochte das nun ein umgebogenes Stück Birkenrinde sein, in deren Inneres die Zeichen eingeritzt waren, wie das in uralten Zeiten wohl üblich war, oder eine der später üblichen Doppeltafeln aus Holz mit einer ausgehöhlten Fläche, in die Wachs gegossen wurde, in welches dann mit dem Griffel die Zeichen geritzt wurden. Ein solches „Diptychon“ hält die zierliche Tanagräerin (Tafel VIII) im Schoße, die über den darauf geschriebenen Brief des Liebsten nachdenken mag.[1]) Wie nun auch die Form des Uriasbriefes, den Homer beschreibt, beschaffen gewesen sein mag, er zeigt uns jedenfalls die älteste Art von Geheimdepeschen.

Ein anderes System von Geheimbotschaft haben verschiedene griechische Staaten wie Sparta und Ithaka offiziell zur Anwendung gebracht, die Skytale, die schon im Anfang des 7. Jahrh. v. Chr. in Griechenland allgemein bekannt gewesen sein muß, weil Archilochos um 650 das Wort bereits in übertragener Bedeutung verwendet. Diese Skytale besteht aus zwei völlig gleichgearbeiteten runden Stäben, von denen man den einen Stab in dem Archiv verwahrte, während man den anderen dem Beamten mitgab, mit dem man Depeschen wechseln wollte. Die Depesche selbst schrieb man auf einen Lederstreifen, den man spiralförmig um den Stab gewickelt hatte. Zieht man ihn ab, so ist die Schrift zusammenhanglos und für den Uneingeweihten nicht lesbar. Der fern weilende Beamte aber wickelte den Lederstreifen um seine Skytale. Dann ordneten sich wieder die Buchstaben in die ursprünglichen Reihen, und der Sinn wurde dem Beamten klar.

Sie sehen hier zwei zylindrische, gleich dicke Stäbe von Holz, die genau den gleichen Durchmesser (17 cm)

1) Furtwängler, *Sammlung Saburoff* (Berlin 1883) II, Taf. 86. Weitere Darstellungen weist nach Birt, *Buchrolle in der Kunst*, Lpz. 1907, S. 201.

haben.[1]) Ich wickle nun diesen weißen 10 cm breiten Lederstreifen schräg aufsteigend auf den einen Schaft (σκυτάλη), so daß die Ränder dicht aneinander anschließen. Ich schreibe hierauf mit Tinte einen griechischen Text in den großen antiken Buchstabenformen nach der Richtung der Längsachse über den so umwickelten Stab hinweg. Sie überzeugen sich, daß dieser Text leserlich ist. Nun wickle ich den Riemen ab, und selbst der genialste Philologe kann mit den nun darauf erscheinenden Buchstabenresten nichts anfangen. Aber nun wickle ich diesen Riemen über den Zwillingsstab. Sofort schließen sich wieder die Spiralen fest aneinander, und es erscheint der Zusammenhang der Worte so deutlich wie bei dem Originalstab. Das ist das Geheimnis der Skytale!

Mit der Zeit wurden mehr und mehr Methoden, Geheimdepeschen herzustellen, in Griechenland erfunden. Ein alter Militärschriftsteller, der um die Mitte des 4. Jahrh. ein Buch über die Städtebelagerung verfaßte, Aeneas Tacticus, hält diesen Gegenstand, der bei Belagerungen natürlich eine große Rolle spielt, für so wichtig, daß er ihm ein großes Kapitel (c. 31) widmet. Er zählt dort 16 verschiedene Systeme von Geheimdepeschen und Chiffreschriften auf, von

---

1) Die beiden Hölzer, die ich vorwies, waren zwei Hälften eines gleichmäßig runden Stabes, den ich in der Mitte durchgeschnitten hatte. Auf den gleichförmigen Durchmesser kommt alles an. Mit einem Stab, wie ihn z. B. Birt a. a. O. (vor. Anm.) S. 274 abbildet, der sich oben und unten verjüngt, würde das Experiment schwerlich gelingen, da man ganz gleiche Hölzer schwer herstellen und der Anfang des Wickelns ganz genau bestimmt sein müßte, was bei gleichmäßiger Dicke der Zylinder nicht nötig ist. Die Hauptstellen über die Skytale sind Gell. N. A. XVII 9, 6 ff.; Plut. Lys. 19. Vgl. Riepl, *Nachrichtenwesen des Altertums* (Lpz. 1913) 313 ff., der Birts Annahme ebenfalls widerlegt. Ich bemerke noch, daß Leder sich besser zu diesem Zwecke eignet als Papyrus (Plutarch), da dieser namentlich in so dünnen Streifen wenig Haltbarkeit besitzt und sich weniger leicht in ein Knäuel gewickelt vor Unberufenen oder Feinden verbergen ließ.

denen auch heute noch einige in Anwendung sind. So soll z. B. die erste Methode, in einem beliebigen Buche die Geheimdepesche durch Punktieren der dafür geltenden Buchstaben herzustellen, auch heute noch bei heimlich Verlobten vorkommen. Man sendet der Geliebten Schillers Gedichte, und die punktierten Buchstaben irgendeines Gedichtes geben aneinandergereiht den geheimen Sinn. Sehr raffiniert ist das von Aeneas in demselben Kapitel beschriebene Verfahren mit dem Buchstabenrade[1]), das ich an einem kleinen Modell verdeutlichen kann (Abb. 31). Sie sehen hier in eine hölzerne kleine Scheibe 24 Löcher am Rande und einige Löcher auch in die Mitte gebohrt. Die Stellung der Mittellöcher gibt den Anfang der Randlöcher an. Denn das erste Loch am Rande bedeutet den ersten Buchstaben *A*, die Reihenfolge der übrigen 23 Buchstaben, die nach rechts um die Peripherie herumfolgen, ist dadurch bestimmt. Nun zieht man einen Faden durch die Löcher, welche den Buchstaben der abzusendenden Depeschen entsprechen, indem man, wenn derselbe Buchstabe mehrmal hintereinander vorkommt, den Faden in eins der Mittellöcher steckt und von da wieder in dasselbe Randloch zurückführt. Das Loch genau in der Mitte bleibt zunächst frei. Es ist dazu bestimmt, den Faden jedesmal aufzunehmen, wenn ein Wort zu Ende ist. Nun braucht der Empfänger, der über die Bedeutung der Löcher orientiert ist, nur den Faden zurückzustecken und die Buchstaben dabei aufzuschreiben, indem er von

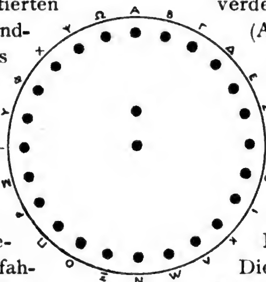


Abb. 31.
Das Depeschenrad des Aeneas.

1) Aeneas 31, 21, S. 88, 1526 ed. R. Schöne.

rechts nach links, also verkehrt schreibt und die Wortenden durch Striche markiert. Ist das durchflochtene Rad abgewickelt, so steht die Depesche klar da.

Unter den weiteren Methoden der Chiffreschrift erwähnt Aeneas auch das Punktiersystem, in welchem die Vokale durch Punkte angedeutet werden, und zwar so, daß α einen, ω sieben Punkte erhält. Diese Schrift erinnert an die Art der Phönizier, Juden und Araber, welche in ihrer Schrift die Vokale nicht oder nur durch Striche oder Punkte andeuten, und ist vielleicht aus dem Orient entlehnt. Die Depesche, die Aeneas mitteilt, bezieht sich auf den jüngeren Dionys und seinen General Herakleidas.[1]) In Sizilien lag der phönizische Einfluß sehr nahe. Dieses System ist im Mittelalter ziemlich verbreitet gewesen, ehe die raffinierten Chiffresysteme der modernen Diplomatie von Venedig aus in Umlauf gesetzt wurden.

Eine der allerpraktischsten Methoden bei Belagerungen und überhaupt im Kriege, Depeschen von einem Ort zum andern zu befördern, erwähnt Aeneas nicht, die Brieftaubenpost.[2]) Und doch hat sie zu seiner Zeit auch in Griechenland existiert. Die schöne Sage von der Taube, die Noah aus der Arche ausschickt, ist ein Anzeichen, daß man diese klugen Tiere schon früh im Orient zur Botschaft verwandte. Der Komiker Pherekrates (Fr. 33) bezeugt die Taubenpost in Griechenland für das 5. Jahrh. v. Chr., und wir hören von einem Ägineten Taurosthenes derselben Zeit, der seinen Sieg in Olympia durch die Taube noch an demselben Tage nach seiner Heimat meldete.

---

1) Ich habe die Stelle behandelt in den *Abh. d. Berl. Ak.* 1913 (*Die Entdeckung des Alkohols*) S. 29[4]. Daselbst habe ich die Fortwirkung dieses Chiffresystems auf das Mittelalter festgestellt.

2) Vgl. H. Fischl, *Die Brieftaube im Altertum und im Mittelalter*, Schweinfurt 1909 (Gymn.-Programm).

Die Römer haben bei Rennsiegen wie bei Belagerungen (Mutina 43 v. Chr.) die Taubenpost verwendet, und später ist durch die Araber diese im Orient wohl stets übliche Schnellpost besonders ausgebildet worden. Es gab in der römischen Zeit und später vom 12. bis 15. Jahrh. in Vorderasien und Ägypten ganz regulär eingerichtete Taubenposten.

Dies alles ist aber keine eigentliche Telegraphie, d.h. Fernschrift. Diese beginnnt und endet mit der Funkentelegraphie. Freilich die Funken, welche die antike Telegraphie benutzte, waren keine elektrischen Wellen, wie sie jetzt von der drahtlosen Telegraphie ausgesandt werden, sondern die Feuerfunken, die von flammenden Holzstößen oder Fackeln in die Nacht hinein leuchteten von Warte zu Warte. Schon Homer erwähnt die Feuersignale, welche die Bewohner einer umlagerten Stadt nachts aussenden[1]), das nachhomerische Epos der Nosten wußte von dem falschen Feuersignal des Nauplios zu erzählen[2]), woraus man auf die Einrichtung solcher Leuchttürme oder Feuerwächter auf den Inseln und Klippen des Ägäischen Meeres schließen darf. Palamedes, der Sohn des Nauplios, gilt den Alten als der Erfinder des Feuersignalwesens. Herodot (9, 3) erwähnt, Mardonios habe nach der Schlacht bei Salamis gehofft, dem geflohenen Könige Xerxes die Nachricht von der Einnahme Athens durch die persischen Landtruppen durch die Feuerpost (*πυρσοῖσι*) über die Inseln hinüber (*διὰ νήσων*) nach Asien melden zu können. Daraus geht doch hervor, daß solche Einrichtungen wenigstens in Asien bestanden haben.[3]) Aber auch die Inselgriechen unterhielten

1) Ilias 18, 211 (*πυρσοί*). Vgl. über das Folgende H. Fischl, *Fernsprech- und Meldewesen im Altertum*, Schweinfurt 1904 (Gymn.-Programm); Riepl, *Nachrichtenwesen* S. 47 ff. 2) S. oben S. 56.

3) Daher hat C. Fries (*Klio* III 169. IV 117) wohl mit Recht die Feuerpost auf babylonische Einrichtungen, die in den Maqlûtexten angedeutet sind, zurückgeführt.



Abb. 32. Feuerpost im Agamemnon des Aischylos.

im Persischen Kriege solche Feuerwarten, wie Herodot (7, 182) erwähnt, daß die Hellenen beim Artemision an der Nordspitze von Euböa von der gegenüberliegenden Insel Skiathos die Feuerdepeschen erhielten, daß zwei griechische

Schiffe von den Persern genommen worden seien (*παρὰ πυρσῶν ἐκ Σκίαθου*).

Die deutlichste Schilderung der im 5. Jahrh. in Griechenland bestehenden Feuerpost gewinnen wir aus dem Drama Agamemnon des Aischylos (458 v. Chr.). Es ist undenkbar, daß der Dichter derartiges frei erfunden hätte, wenn eine solche Feuertelegraphie nicht wenigstens zuzeiten dort eingerichtet gewesen wäre (Abb. 32). Der Chorführer fragt Klytämnestra, wann Troja gefallen sei. Darauf antwortet die Fürstin:

In heutiger Nacht geschah's, die diesen Tag gebar.

Chorführer.

Und welcher Bote lief mit solcher Schnelligkeit?

Klytaimnestra.

Hephaistos, der vom Ida hellen Schein gesandt!
Die Feuerpost gab Loh' um Lohe weiter bis
Zu uns. Der Ida sandte sie zum Hermasberg
Auf Lemnos. Und der Athosberg, der Sitz des Zeus,
Nahm dann zum dritten auf das lodernde Fanal.
Dann reckte sich die Wanderfackel riesengroß
Und überspringend wie zum Scherz das weite Meer
Entsandte sie den sonnenhellen Fackelschein
Zu den Höh'n Euboias, wo Makistos Wache steht.
Der war kein fauler, schlafversunkner Knecht,
Nein, eilends gab er weiter diese Flammenpost.
So meldet' er sie fürder zum Messaperberg
Den Wächtern über den Euripossund hinauf.
Die gaben feuriges Echo: dürres Heidekraut
Entflammten sie zuhauf, ein loderndes Signal.
Da flog der blitzenden Fackel unermattet Licht
Hinüber in die Ebne des Asopos, wo
Wie Vollmondschein es an Kithärons Felsenwand
Den neuentflammten Feuerstoß entzündete.
Da hemmte nicht des Berges immer wache Hut
Dem fernher abgesandten Boten seinen Lauf:
Rasch über den Gorgopissee hinüber warf
Sie bis zum Geißberg weiter seinen Flammenschein
Und trieb die Wacht auch dorten an zum Feuerdienst.

Sie spendet Holz im Überfluß. Die Lohe schlägt
Wie eine Riesensäule himmelwärts und hüllt
Den Golf von Saron ein in Feuersglut.
Jetzt seine Klippen überspringend trifft sie rasch
Als letzte Post den nachbarlichen Spinnenberg
Und, endlich landend, unser königliches Schloß:
Des Idafeuers ahnenreiches Enkelkind.
So war die Ordnung meiner Fackelläuferschar,
So lief die Flammenbotschaft rasch von Hand zu Hand:
Der erste wie der letzte hat am Siege teil.
Dies ist die Bürgschaft und das Pfand der Freudenpost,
Die heute mir von Troja sandte mein Gemahl.

So grandios poetisch dieser älteste Funkenspruch gefaßt ist, der die Siegesbotschaft von Troja vom Berge Ida über die Insel Lemnos hinüber nach dem Athos, dann südlich über Euboia nach Böotien und dem Kithairon, dann von da über den Isthmos (Aigiplankton, d. i. Geißberg) zum Spinnenberg (Arachnaion) bei Epidauros und zuletzt zum Schloß von Mykene meldete, so wenig darf er als buchstäbliche Wahrheit in Anspruch genommen werden. Genaue Rechner haben ermittelt[1]), daß Entfernungen von 150, ja sogar 180 km, die sich in diesem Telegraphensystem finden, unmöglich ein Signalisieren mit Feuerzeichen gestatten. In Wirklichkeit müßten noch einige Zwischenstationen eingeschaltet werden. Trotzdem dürfen wir annehmen, daß keine dieser Stationen ohne Anhalt an bestehende oder früher einmal vorhandene Signaleinrichtungen gewählt ist.

Aber diese Funkentelegraphie hat doch einen großen Mangel. Man kann nur eine vorher fest verabredete Depesche absenden. Und wenn auch vielleicht durch Vereinbarung gewisser Signale wie in dem von Herodot berichteten Falle eine genauere Meldung möglich gewesen sein muß, so ließ sich ein Telegraphieren in unserem Sinne mit der ein-

1) Riepl a. a. O. S. 51.

fachen Fackelpost nicht bewerkstelligen. Da berichtet nun der erwähnte Taktiker Aeneas in einem bei Polybios[1]) erhaltenen Fragmente von einem sinnreichen Apparate, den man Wasssertelegraphen nennen könnte. Er beschreibt ihn so (Abb. 33): „Wenn man sich durch Feuersignale dringende Mitteilungen zugehen lassen will, so muß man sich zwei Tongefäße gleicher Breite und Tiefe verschaffen. Die Tiefe muß etwa drei Ellen (1 1/3 m), die Breite eine Elle (44 cm) betragen. Dann muß man Korkstücke zuschneiden, die etwas geringere Breite besitzen als die Mündungen der beiden Tonzylinder. In die Korke befestigt man Stäbe, die in Abständen von drei Zoll (5,5 cm) Teillinien eingeschnitten haben. Dadurch werden auf jedem Stabe 24 Felder abgegrenzt. In diese Felder schreibt man die bekanntesten und üblichsten Vorkommnisse im Kriegsfalle. Z. B. Inschrift des 1. Feldes: ‚Reiter sind ins Land eingefallen'; 2. ‚Schweres Fußvolk' usw.; 3. ‚Leichtbewaffnete' usw.; ferner Schiffe, Proviant, bis man die wahrscheinlichsten, im voraus berechenbaren Ereignisse auf den 24 Feldern dargestellt hat. Die beiden Stäbe müssen natürlich ganz gleich abgeteilt und beschriftet sein. Dann muß man die beiden Tonzylinder mit Abflußlöchern am Boden versehen, die natürlich beide denselben Durchmesser und dieselbe Lage haben müssen. Nun verstopft man die Gefäße, füllt sie mit Wasser bis zum Rande, setzt die Korke mit den markierten Stäben als Schwimmer auf. Jetzt sind die Apparate fertig zum Telegraphieren. Der eine bleibt bei der Aufgabestation, der andere wird der Empfangsstation übergeben.

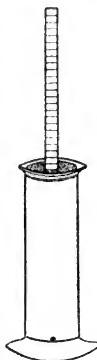


Abb. 33. Wassertelegraph.

1) 10, 44.

Tritt nun einer der vorgemerkten Vorfälle ein, so wird zunächst nachts an der Aufgabestation ein Fackelsignal gegeben. Die Empfangsstation meldet ihr Bereitsein durch ein entsprechendes Fackelsignal. Die Fackeln sind also in diesem Augenblick beide hoch. Nun senkt die Aufgabestation die Fackel. Dies ist das verabredete Zeichen, daß das Loch des Tonzylinders geöffnet und das Wasser langsam zum Ablauf gebracht wird. Sobald die Empfangsstation jenes Senken der Fackel drüben bemerkt hat, wird der Stopfen aus dem diesseitigen Gefäß herausgezogen. Auch hier fließt nun das Wasser ebenso langsam aus wie drüben. Indem sich jetzt gleichmäßig der Wasserspiegel der beiden Gefäße senkt, sinken auch die beiden Korkschwimmer gleichmäßig, und die Stäbe tauchen ebenso in die Gefäße ein. Steht nun die Aufschrift, welche die Depesche enthält, mit dem Rand des Gefäßes gleich, dann hebt die Aufgabestation wieder die Fackel in die Höhe. Dies Signal bedeutet: Loch zustopfen! Die Empfangsstation sieht dann sofort nach, welche Aufschrift über dem Rande sichtbar ist. Diese stellt die übermittelte Depesche dar.“

Polybius hat an diesem sinnreichen Systeme auszusetzen, daß die Zahl der möglichen Fälle zu beschränkt, und vor allem, daß keine näheren Zahlenangaben gemacht werden können. Man wolle doch nicht bloß wissen, daß Reiter ins Land gefallen seien, sondern auch, wie viele.

Ich vermute nun, daß diese berechtigten Ausstellungen wohl den Apparat treffen, den Aeneas beschreibt[1]), aber nicht die Originalerfindung. Denn da sich aus den angegebenen Maßen berechnen läßt, daß gerade 24 Felder abgeteilt werden sollen, so vermute ich, daß der Erfinder beabsichtigte, einen alphabetischen Telegraphen herzustellen. Das griechische Alphabet, wie es damals üblich war, hatte

1) Hierin stimme ich mit Riepl überein, S. 68.

24 Buchstaben.[1]) Nicht 24 Vorkommnisse, sondern alle möglichen Meldungen sollten wohl durch die 24 Buchstabenfelder telegraphiert werden. Freilich, dies war etwas umständlich. Denn wenn die Buchstaben nicht hintereinander lagen, mußte durch ein verabredetes Signal bei jedem Buchstaben frisches Füllen kommandiert werden. Aber selbst wenn jeder Buchstabe einzeln mit einer Füllung telegraphiert wurde, konnte man in der Stunde bequem 20 Buchstaben mitteilen, in der ganzen Nacht also eine Fülle von Nachrichten übermitteln.

Aeneas spricht nur von Nachtsignalen. Es leuchtet aber ein, daß man mit Flaggensignalen auch am Tage diese Apparate benutzen konnte. Aber freilich, dieses Depeschieren war etwas langweilig und erforderte die äußerste Sorgfalt der Mannschaften. Ein praktischer Militär, wie Aeneas oder der Vorgänger, dem er dieses System entlehnt, hat durch die fertigen Aufschriften auf den 24 Felden den Apparat für die gewöhnliche Praxis handlicher gemacht. Und zwar läßt sich der Ursprung dieser kürzeren Methode über Aeneas um ein Menschenalter zurückverfolgen. Aeneas schrieb zwi-

1) Ich will nicht verschweigen, daß mir neuerdings ein anderer Ursprung der Einteilung in die 24 Felder in den Sinn gekommen ist. Die Wasseruhren, die in der alexandrinischen Zeit von Ktesibios an konstruiert werden, sind mit einem mit Schwimmer versehenen Lineal versehen, das in das abfließende Wasser verschieden tief eintaucht. Vgl. Max C. P. Schmidt, *Kulturhist. Beitr.* II (Lpz. 1912) 47ff. Da Heron (I 456 ed. W. Schmidt) einen Tag und Nacht (*νυχθήμερον*) tätigen Apparat beschreibt, so wird es im Altertum auch solche auf 24 Stunden eingerichtete, zu astronomischen Beobachtungen geeignete Wasseruhren gegeben haben, bei denen das in 24 Felder eingeteilte Lineal bei sinkendem Wasser die Stunden angab. Es hindert nichts, dergleichen einfache Apparate bereits für die Astronomie des 5. Jahrh. v. Chr. vorauszusetzen, obgleich darüber nichts berichtet wird. Ein arabisches Werk des Schams al Din († 1494) enthält Beschreibungen und Abbilder solcher Wasseruhren, ebenso der von C. de Vaux behandelte „Archimedes". Vgl. Eilh. Wiedemann, *Beitr. z. Gesch. d. Naturw.* III 257, XII 215 (Erl. 1905 und 1907, *Sitz.-Ber. d. Erl. Soz.* Bd. 37 und 39).

schen 360—346. Das kürzere System aber stammt aus der Zeit des Dionys des Älteren, der von 410—367 in Sizilien herrschte, und rührt von den Karthagern her.

Ein später Kriegsschriftsteller Polyainos (6, 16) berichtet, die Karthager hätten im Kriege mit Dionys zwei gleich große (gläserne) Wasseruhren gehabt, die mit gleichmäßig angebrachten, um die Gefäße laufenden Ringen versehen gewesen seien. Auf diesen Ringen standen verschiedene Kommandos, z. B. „Kriegsschiffe herbei", oder „Lastschiffe", oder „Geld fehlt" oder „Maschinen". Die eine Wasseruhr behielten die Karthager in Sizilien, die andere schickten sie nach Karthago. Nun sei mit Fackelsignalen, ähnlich wie bei den früher beschriebenen Apparaten, das Auslaufen des Wassers und das Anhalten an einem bestimmten Ringe reguliert worden.

Nun ist freilich zu bemerken, daß man von Sizilien nicht direkt mit Fackeln auf eine Distanz von 225 Kilometern Signale geben kann. Man müßte also eine Zwischenstation (etwa die Insel Kossyra) eingeschaltet haben. Aber auch dann ist die Entfernung noch zu groß. Vielleicht ist der Apparat gar nicht zwischen Afrika und Sizilien, sondern zwischen einzelnen Stellen auf Sizilien in Tätigkeit gewesen.

Die Wasseruhren[1]), die hier in diesem karthagischen Systeme statt der Tonzylinder verwendet werden, sind auch in Griechenland zu jener Zeit allgemein verbreitet. Der griechische Name ist Klepsydra „Wasserstehler", weil man das Wasser durch ein Loch oder feines Sieb, das den Boden eines bauchigen Gefäßes bildet, unbemerkt von unten aus einer Zisterne oder einem Brunnentrog entnehmen konnte. Das Ge-

1) Über die antiken Klepsydren und ihre Formen ist man noch nicht zu abschließendem Resultate gelangt. Die neueste Literatur habe ich in den *Vors.* I³ 258 (zu Emp. fr. 100) verzeichnet. Abbildungen antiker Apparate gibt Zahn, *Ath. Mitt.* 1899, 339; Potter, *Revue archéologique* 1899, S. 8.

fäß mündete oben in einen engen Hals oder einen hohlen Henkel, dessen feine Öffnung man mit dem Daumen zuhalten konnte (Fig. 34). Diese Wasseruhren wurden nun auf ein bestimmtes Quantum Wasser geeicht und bei Gericht verwandt. Solange nämlich die Wasseruhr lief, durfte der Ankläger und ebenso der Angeklagte reden. Wurden Zeugen vernommen, so wurde der Daumen auf die Wasseruhr gehalten und dadurch der Ausfluß gehemmt, weil dieser Teil der Verhandlung natürlich nicht den Parteien angerechnet wurde.[1]) Ob diese Wasseruhr auch wie unsere ähnlich eingerichteten Eieruhren beim Eiersieden benutzt wurden [2]), wissen wir nicht, wohl aber, daß einer der bedeutendsten Ärzte der alexandrinischen Zeit Herophilos eine Taschenwasseruhr mit zu den Kranken nahm, um den Puls nach dem Auslauf der Uhr zu kontrollieren.[3])

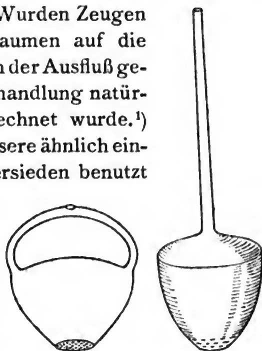


Abb. 34. Klepsydren verschiedener Form.

Ich habe den hypothetischen alphabetischen Telegraphen mit den 24 Feldern, ich habe den karthagischen Klepsydratelegraphen, ich habe endlich den Wasserapparat des Aeneas erwähnt, der wie ein Kompromiß der beiden vorigen Systeme erscheint. Nun muß ich noch zeigen, was die Glanzepoche antiker Technik diesen Erfindungen hinzugefügt hat. Glücklicherweise hat uns der berühmte Historiker und Stratege Polybios (10, 45) einen von den alexandrinischen Ingenieuren Kleoxenos und Demokleitos erfun-

---

1) Über die Abmessung der Redezeit durch die Klepsydra s. Br. Keil, *Anonymus Argentin.* (Straßburg 1902) S. 240ff.; Max Schmidt, *Kulturhist. Beitr.* II 40.

2) Wie Max Schmidt will (a. a. O. S. 25f.). 3) S. oben S. 24.

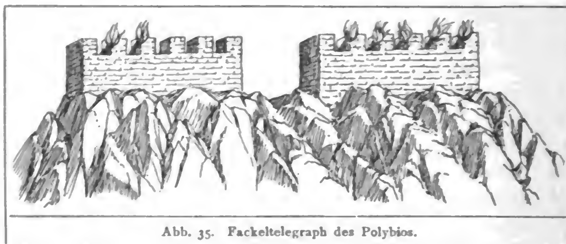


Abb. 35. Fackeltelegraph des Polybios.

denen, von ihm selbst aber verbesserten Signaltelegraphen genau beschrieben (Abb. 35). Die Aufgabe- wie die Empfangsstation ist nur für Nachtdienst eingerichtet. Und zwar sind auf jeder Station in gehöriger Distanz je zwei gezinnte Mauern errichtet. Jede dieser Mauern hat in zwei Fuß Abstand fünf Lücken, in welchen Fackeln ausgelegt und der Station gegenüber signalisiert werden können. Ferner besitzt jede Station einen Chiffreschlüssel, der die 24 Buchstaben des Alphabetes in folgender Anordnung enthält:

Tafel	I	α — ε
„	II	ζ — κ
„	III	λ — ο
„	IV	π — υ
„	V	φ χ ψ ω.

Nun wird so telegraphiert. Es sei z. B. folgende Depesche aufzugeben: „Kreter 100 desertiert.“

Zuerst wird der Buchstabe *K* depeschiert. *K* befindet sich auf der zweiten Tafel. Also werden auf der linken Mauer, welche für die Tafeln bestimmt ist, zwei Fackeln in die Lücken gelegt. Die Empfangsstation notiert dies. Dann werden auf der rechten Mauer fünf Fackeln ausgelegt. Denn *K* ist der fünfte Buchstabe der zweiten Tafel. Die rechte Mauer bedeutet die Reihenfolge der einzelnen

Buchstaben innerhalb einer der fünf durch die linke Mauer signalisierten Gruppen.

Die Empfangsstation notiert also Tafel II, Buchstabe 5, d. i. *K*. So gehts weiter *R*, *E*, *T*, *E*, *R* usf. Dieses System enthält deutlich den Keim unserer heutigen Telegraphie. Wie weit Polybios und seine alexandrinischen Vorgänger etwa durch das von mir rekonstruierte Signalsystem der 24 Buchstaben beeinflußt waren, ist zweifelhaft. Vielleicht war jene alte Erfindung, da sie nicht in die Praxis eindrang, wie so viele derartige Ideen, in Vergessenheit geraten.[1])

Man bemerkt leicht, daß dieses System sehr kompliziert ist, und Polybios sieht selbst diesen Einwurf voraus. Aber, meint er, das gewöhnliche Lesen ist auch anfangs recht kompliziert, bis man sich gewöhnt hat.

Man hat ausgerechnet, daß die obige Depesche „100 Kreter desertiert" 173 Fackelzeichen erfordere, und daß dies in einer halben Stunde ausgeführt werden könne. Bei genügender Besetzung ließe sich gewiß diese Zeit noch erheblich vermindern.[2]) Aber wenn wir auch das Höchstmaß annehmen, so ist dieser Zeitaufwand keineswegs der Grund gewesen, warum das System des Polybios sich nicht praktisch durchgesetzt hat. Vielmehr ist der Hauptgrund die

---

1) Riepl S. 93: „Was Polybios hier beschreibt, ist nichts anderes als das Wesen unserer heutigen Telegraphie. Kleoxenos und Demokleitos sind die Erfinder der Telegraphie, Polybios gebührt der Ruhm ihrer ersten Verbesserung, von der wir allerdings nicht wissen, worin sie bestand. Alle (?) Vorgänger des Polybios hatten sich, und zwar größtenteils vergebens, damit abgequält, bestenfalls etwa ein halbes Dutzend vorausgesehener und voraus verabredeter Mitteilungen durch Zeichen zu übermitteln, Polybios vermochte mit seiner Methode durch Zeichen jede beliebige, auch unvorhergesehene Begebenheit, Tatsache, Weisung oder überhaupt Ideenassoziation, welche sich durch die Sprache und Schrift ausdrücken läßt, auf jede beliebige Entfernung zu übermitteln."

2) S. Riepl a. a. O. S. 105 gegen Pachtler, *Das Telegraphieren der alten Völker*, Innsbruck 1867 (Feldkircher Progr.).

geringe Reichweite der Fackelzeichengebung. Die einzelnen Fackeln können wegen der Irradiation nur auf etwa 2000 Fuß deutlich voneinander geschieden werden. Eine Verbesserung dieses Systems ließe sich also dadurch bewirken, daß man, wie Fischl[1]) vorschlägt, nur eine Fackel anwendet und durch Heben und Senken der Fackel hinter der Mauer zuerst zwei, dann fünf Signale hintereinander gibt. Dann würde aber, um keine Verwechslung hervorzurufen, das Tempo sehr verlangsamt werden müssen.

Auf alle Fälle bedurfte man im Altertum bei diesen optischen Telegraphen einer Menge von Zwischenstationen. Nehmen wir den Abstand der Stationen voneinander auf einen Kilometer an, was schon sehr viel ist, so brauchte man bei einer Entfernung von Wien bis zum Semmering mehr als 100 Stationen. Dieses Relaissystem erschien den Alten zu umständlich und kostspielig. So hatte die Erfindung keinen praktischen Erfolg. Auch die Verbesserung des Polybianischen Apparates durch einen ungenannten Römer, über welche uns Julius Africanus berichtet[2]) (sie nähert sich im Prinzip dem Fischlschen Vorschlag), hat offenbar keine praktische Anordnung gefunden.

Ein Deutscher Vegelin von Clärberg, *aulae praefectus* in Nassau, hat 1659 ein ähnliches System vermutlich in Anlehnung an das Polybianische ausgedacht[3]), aber er hat dabei das Fernrohr benutzt, das ja damals bereits erfunden war, und hat das System für den Tagesdienst eingerichtet.

Vegetius, ein Schriftsteller der römischen Zeit, erwähnt (de re militari III 5) ganz kurz eine Telegraphie durch Balken, die auf Türmen in die Höhe gerichtet oder

1) S. 69 Anm. 1.

2) In den *Κεστοί* c. 77. Die Echtheit des Exzerptes ist bestritten. Es beruht aber auf guten Quellen.

3) Das Nähere bei Pachtler und Riepl a. a. O. 112.

gesenkt werden. Dieses System ist dann in der neueren Zeit weiter ausgebaut worden. Claude Chappe hat seine Erfindung des optischen Telegraphen am 22. März 1792 dem Nationalkonvent vorgelegt, und die erste praktikable Telegraphenlinie ist 1793 von Paris an die Grenze nach Lille eingerichtet worden. 20 Stationen wurden eingeschaltet, jedes Zeichen brauchte sechs Minuten zur Übermittelung. Dieses und ähnliche Systeme sind dann im Anfang des vorigen Jahrhunderts auch in Deutschland eingerichtet worden. Noch 1832 ist eine optische Linie Berlin—Köln—Trier eröffnet worden. Aber die Erfindungen der Deutschen Sömmering 1808, Gauß und Weber 1833 und Steinheil 1837 haben die elektrische Telegraphie ermöglicht, die aus der Antike das alphabetische System adoptiert, aber die Fackeln durch den elektrischen Funken ersetzt hat.

Daß trotzdem das alte System des optischen Telegraphen nicht zu entbehren ist, zeigt folgender Bericht der Frankfurter Zeitung [1]):

„Die großen Gefechtsräume, mit denen wir in Zukunft aus Rücksicht auf die gesteigerte Feuerwirkung der Waffen zu rechnen haben, erfordern eine zuverlässige Verbindung zwischen Führer und Truppe. Die hierzu vorhandenen technischen Hilfsmittel, wie die Drahttelegraphie, der Fernsprecher und die Funkentelegraphie können zeit- und stellenweise unter dem Einfluß des Gegners, des Geländes, der Witterung versagen oder unbrauchbar werden. Deshalb werden auch optische Verbindungsmittel verwendet, die sich dadurch auszeichnen, daß sie vom Zwischengelände unabhängig und der Einwirkung des Gegners weniger ausgesetzt sind. Sie ermöglichen daher vor allem

1) 26. Aug. 1912, Nr. 236, S. 2 (II Morgenbl.): *Ein neues optisches Signalgerät.*

den Verkehr über ungangbares Terrain. Wenn solche Hilfsmittel aber als Ersatz für die Drahtverbindungen oder die Funkentelegraphie dienen sollen, müssen sie sehr leistungsfähig sein. Die für den Truppengebrauch eingeführten Winkerflaggen genügen zwar auf kürzere Entfernungen und unter günstigen Verhältnissen, für größere Verhältnisse ist aber ein Signalgerät erforderlich, das auch bei großer Reichweite einen zuverlässigen Verkehr ermöglicht. Heliographen sind vom Stand der Sonne und vom Wetter abhängig und nur bei Sonnenschein verwendbar. Optische Signalapparate mit künstlichem Licht sind zwar auch von der Größe und Stärke der Lichtquelle abhängig, sind aber zuverlässiger. Die Firma Zeiß hat nun einen sehr leistungsfähigen Apparat hergestellt, der sich durch eine äußerst intensive Lichtquelle auszeichnet, so daß bei Tag eine Reichweite von 25 Kilometern, bei Nacht von 75 Kilometern erzielt werden kann und die Zeichen bei mittleren Luftverhältnissen mit freiem Auge gut zu sehen sind. Die Eigenart des Apparates besteht darin, daß die Lichtquelle durch Erhitzen eines auf dem Brenner der Lampe befindlichen Glühkörpers mit einer Azetylen-Sauerstofflampe erzielt wird....

Zur Zeichengebung dient eine sehr einfache, im Innern der Lampe zwischen Lichtquelle und Hohlspiegel angebrachte Blendvorrichtung, die mit einem Morsetaster in Verbindung steht. Das genaue Einstellen des Apparates auf die Gegenstation wird durch ein eigenes Prismenfernrohr ermöglicht."

V

DIE ANTIKE ARTILLERIE

Über die Leistungen der Artillerie im Altertum sind wir zum Teil durch die antiken Historiker, zum andern durch die antiken Ingenieure unterrichtet, deren Werke auf uns gekommen sind. Die hauptsächlichsten unter diesen sind die schon bei den Automaten erwähnten Mechaniker Philon und Heron, deren Texte zwar durch Abbildungen verdeutlicht, aber trotzdem sehr schwierig zu verstehen sind. Sprachkenntnis und Sachverständnis müssen sich da die Hand reichen. So haben sich, um diese antiken Geschütze zu rekonstruieren, im vorigen Jahrhundert dreimal Philologen und Offiziere vereinigt, und endlich ist es gelungen, praktische Modelle herzustellen, die zeigen, was diese Kriegsmaschinen der Alten leisten konnten. Das erste Paar, das sich zu dieser Arbeit vereinigte, war der Philologe Köchly und der Artillerieoffizier Rüstow, welche die griechischen Kriegsschriftsteller mit deutscher Übersetzung 1853—1855 herausgaben.[1]) Als erster Anfang war diese Leistung anerkennenswert, allein beide hatten viel zu rasch und mit ungenügenden Hilfsmitteln gearbeitet, so daß das durch die gemeinsame Arbeit der beiden Gelehrten hergestellte Buch jetzt ziemlich veraltet ist. Ein Rekonstruktionsversuch, den sie der Heidelberger Philologenversammlung 1865 praktisch vorführten, fiel nicht sonderlich günstig aus. Dann nahm Napoleon III. die Sache in die Hand. Seine ausgezeichneten Arbeiten über Cäsar führten ihn auch auf

---

1) H. Köchly und W. Rüstow, *Gr. Kriegsschriftsteller.* Gr. u. Deutsch I. II. 1. 2, Leipzig 1853—1855.

die antike Artillerie. Er beauftragte den elsässischen Philologen Wescher[1]) und den General de Reffye, die antiken Texte zu bearbeiten und die Modelle der Geschütze zu rekonstruieren. Leider arbeiteten beide, die sehr eigensinnig waren, nicht gut zusammen. So sind die großen Geschützmodelle, die noch heute im Museum St. Germain aufgestellt sind, wenig mehr als moderne Phantasiekonstruktionen. Endlich haben sich zuletzt ein philologischer Cäsarkenner, mein verstorbener Freund Rudolf Schneider, und ein sächsischer Offizier, der jetzige Generalmajor Dr. Schramm in Bautzen, zusammengetan, und das Resultat liegt in den Rekonstruktionen der hauptsächlichsten antiken Geschütze vor, die vom preußischen Abgeordnetenhause und von der Gesellschaft für lothringische Geschichte in Metz mit sehr bedeutenden Summen unterstützt worden sind. Schon 1904 konnten dem Deutschen Kaiser, der sich lebhaft für diese Frage interessierte, drei Wurfmaschinen in Metz vorgeführt werden, die den antiken Berichten in ihrer Wirkung gleichkommen und jedenfalls die bis jetzt beste Rekonstruktion der antiken Artillerie darstellen. Diese Originalgeschütze Schramms stehen im Saalburgmuseum zu Homburg und verkleinerte Modelle derselben im Berliner Zeughaus.[2])

---

1) C. Wescher, *Poliorcétique des Grecs*, Paris 1867.

2) Die neuere Literatur, auf die hier ein für allemal verwiesen sei, ist folgende: E. Schramm, I. *Jahrb. d. Ges. f. lothr. Gesch.* Band XVI (1904) 1 ff.; II. B. XVIII (1906) 276 ff.; III. B. XXI (1909) 86 ff. R. Schneider, *Jahrb. d. Ges. f. lothr. Gesch.* XVII (1905) 284 ff.; *Röm. Mitt.* XX (1905) 166 ff.; XXI (1906) 143 ff. Anonymi *d. reb. bell. lib.* ed. R. Schneider, Berl. 1908; vgl. *N. Jahrb. f. kl. Alt.* XXV, 1 (1910) 327 ff. Ders.: *Artillerie des Mittelalters*, Berl. 1910; Pauly-Wissowa, *R.-Enc.* VII (1909) 1297 ff. Die Texte gab er mit den antiken Abbild. neu heraus u. d. T. „*Griech. Poliorketiker*“ *in d. Abh. d. Gött. Ges. d. Wiss., phil.- h. Kl.* N. F. X 1 (1908), XI 1 (1908), XII 5 (1912). Th. Beck in C. Matschoß, *Beitr. z. Gesch. der Technik u. Industrie* III (1911) 163 ff. Feldhaus, *Technik* S. 384 ff. S. auch das unten S. 91 Anm. 1 erwähnte Werk von Max Schmidt.

Überreste antiker Geschütze haben sich nicht gefunden, was natürlich ist, da sie hauptsächlich aus Holz konstruiert wurden.[1]) Wohl aber kennen wir deren Geschosse, die Kugeln. Man hat deren viele gefunden. Die interessantesten sind die von Schulten[2]) bei seiner Ausgrabung in Numantia in Spanien gefundenen Stücke, die bei der heldenmütigen Verteidigung dieser Stadt im Jahre 133 v. Chr. gegen den jüngeren Scipio in die Stadt geflogen sind. Sie sind aus Sandstein und haben ein Gewicht von drei bis zehn Pfund. Auch Pfeilspitzen haben sich gefunden, welche gestatteten, die mit den Geschützen verschossenen Wurfpfeile zu rekonstruieren. Dann halfen griechische und römische Reliefs, z. B. von dem Altar von Pergamon und der Trajanssäule, die Abbildungen der Handschriften und vor allem die sehr eingehenden Beschreibungen der Historiker und Poliorketiker (Kriegsschriftsteller) dazu, eine genauere Nachbildung der Geschütze zu ermöglichen.

Früher schrieb man die Erfindung der Artillerie den Juden zu, weil es in den Büchern Chronika II 26, 15 von dem König Usia (8 Jahrh. v. Chr.) heißt: „Er machte zu Jerusalem Künste[3]). Die kamen auf die Türme und Mauerecken, um mit Pfeilen und großen Steinen zu schießen.“ Allein dieser Bericht der Bibel ist unglaubwürdig. Der Verfasser lebte etwa um das Jahr 300 v. Chr. und übertrug die damaligen Verhältnisse der hellenistischen Epoche auf die Vor-

---

1) Doch scheint man 1912 bei den Ausgrabungen im alten Emporion an der spanischen Ostküste im Süden der Pyrenäen Überreste des eisernen Gestells einer römischen Katapulta (etwa 1. Jahrh. vor Chr.) gefunden zu haben. Vgl. W. Barthel, *Frankf. Z.* 1914, Nr. 118, 2. Morgenbl.

2) Schulten, *Ausgrab. in Numantia, Jahrb. d. D. Arch. Inst.* 1907, Beibl. I 16. 34; 1909, Beibl. IV 493.

3) חִשְּׁבֹנוֹת *(artes)* übersetzt Luther falsch: *machte Brustwehren künstlich.* Es sind vielmehr Kriegsmaschinen gemeint. Das Wort Artillerie kommt von *artes,* wie Ingenieur von *ingenium* (mittelalt. = Maschine).



Abb. 36. Römisch-gallische Jagdarmbrust mit Köcher. Von einem Grabmonument in Solignac sur Loire, jetzt im Musée Crozatier in de Puy.

zeit. In Wirklichkeit ist die Artillerie, wie Diodor[1]) glaubwürdig berichtet, um das Jahr 400 v. Chr. in Syrakus erfunden worden, und der geniale und tatkräftige Fürst, dem wir diese Neuerung zu verdanken haben, ist Dionys der Ältere, der die besten Ingenieure aus ganz Griechenland und Italien herbeirief, um zum Angriff und Abwehr geeignete Geschütze zu konstruieren.[2])

Die antiken Geschütze haben sich aus der Urwaffe der Menschheit entwickelt, dem Bogen, dessen Erfindung in die ältesten Zeiten zurückreicht.[3]) Auch Homer beschreibt den berühmten hörnernen Bogen des Pandaros in der Ilias[4]), und der Bogenschütze Herakles ist der Nationalheros der Hellenen. Wir wissen aus der Odyssee, welche Kraft dazu gehörte, die starken Bogen solcher Helden zu spannen. Um daher auch gewöhnlichen Sterblichen das Spannen und Abschießen stärkerer Bogen zu ermöglichen, verfiel man zunächst auf die Armbrust, die Sie aus dem Spielzeug unserer Knaben in ihrer einfachen Konstruktion kennen. Eine solche Armbrust hat man sicher in römischer Zeit, vermutlich aber auch schon früher in Griechenland als Übergang vom Bogen zu komplizierteren Gewehren gehabt. Uns selbst ist die antike Armbrust nur aus zwei in der Umgegend von Le Puy in Frankreich gefundenen Reliefs bekannt.[5]) Wie die Abb. 36 zeigt, entspricht die einfache

1) 14, 42. 2) S. oben S. 17ff.

3) Schaumberg, *Bogen und Bogenschütze bei den Griechen*, Erl. Diss. Nürnberg 1910 (leider ohne Abbildungen). 4) 4, 105 ff.

5) Nach Saglio in Daremberg-Saglio, *Dictionnaire des Antiquités* I 388, Fig. 467. Das erste Monument, dem diese Abbildung entnommen ist — es soll guter Zeit angehören —, ist ein Cippus, der einem Jäger unbekannten

Konstruktion durchaus unserm Knabenspielzeug. Sie sehen da in der Mitte eine ausgehöhlte Rinne, in welche der Pfeil zu liegen kommt. Über diese Rinne wird die an einem starken hölzernen oder metallenen Bogen befestigte Sehne über den Stecher gezogen und dann durch Zurückziehen des Stechers von unten losgeschnellt. Da die Sehne nach der Abbildung unter dem Schaft der Armbrust durchläuft, so ist dieser wahrscheinlich seitlich ebenfalls wie unsere Knabenarmbrüste geschlitzt gewesen, so daß die Sehne zwischen der oberen und der unteren Lage des Schaftes bis zum Verschluß angezogen und dann, nachdem der Pfeil geladen, in dem Spalte um so sicherer losgeschnellt wurde.

Die griechischen Kriegsschriftsteller berichten uns nun nichts von diesem einfachen Gerät, weil es wahrscheinlich in der Regel, wie das von den beiden französischen Reliefs gilt, die Ausrüstung von Jägern, nicht von Kriegern war. Sie knüpfen vielmehr an ein leistungsfähigeres Gewehr an, das den Namen „Gastraphetes" trägt.[1]) Dieses „Bauchgewehr" ist wie die Armbrust mit Bogen, Sehne und Schießrinne ausgestattet. Aber das Spannen des kräftigeren Bogenarmes kann nicht mit den Händen geschehen. Es muß vielmehr ein besonderer Spannmechanismus nachhelfen.

Die Griechen konstruierten nämlich die Schußrinne so, daß sie eine Schwalbenschwanznute bildete (Abb. 37, S. 88),

Namens errichtet ist. Das hinter der Armbrust aufgehängte Gerät ist der zugehörige Köcher. Das zweite stellt einen Jäger selbst mit Armbrust und Köcher dar, doch sind hier die Einzelheiten weniger deutlich. Die Armbrust (*arcuballista*) wird zuerst von Vegetius II 15 neben der *manuballista* erwähnt. IV 22 identifiziert er die *manuballistae* mit den *scorpiones*, daher versteht Saglio die *σκορπίδια*, die Archimedes bei der Belagerung von Syrakus anwandte (Polyb. VIII 7, 6), von solchen Armbrüsten. Ebenso die *scorpiones minores*, die Seilenos bei Scipios Belagerung von Carthagene (210 v. Chr.) erwähnte. Liv. 26, 49, 3 (vgl. 47, 6).

1) Vgl. oben S. 19. Eine z. T. abweichende Rekonstruktion des Gastraphetes gibt Prof. Th. Beck (in dem S. 84 Anm. 2 genannten Werke III 164) mit einer anschaulichen Figur. Ich halte mich an Schramms Rekonstruktion.



Abb. 37.
Schwalbenschwanznute.



Abb. 38.
Schwalbenschwanzfeder.

und in diese Rinne griff nun eine zweite Leiste (Schwalbenschwanzfeder, Abb. 38) ein, so daß sich die obere Leiste leicht auf der unteren hin und her schieben ließ (Abb. 39). Also eine Art von „Schlitten" oder „Läufer". Wenn man nun dieses Bauchgewehr laden will, so schiebt man den Schlitten vor. An seinem hinteren Ende ist ein eiserner Finger angebracht, der die Sehne der Armbrust in der Mitte greift (Abb. 40). Stemmt man nun die Armbrust mit dem hervorragenden Ende des Schlittens auf den Boden, so kommt das andere Ende gegen den Bauch zu stehen. Indem man nun mit dem Bauch und dem ganzen Körper nachdrückt, geht der Schlitten wieder in die Höhe, die Sehne wird gespannt und kann in dieser Stellung durch eine Sperrklinke festgehalten werden. Nun setzt man die gespannte Armbrust auf eine Unterlage, legt oben in die Rinne hinter den eisernen Finger den Pfeil, zielt und schießt dann ab, indem man den Finger,

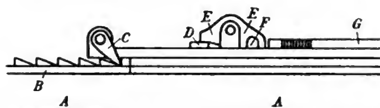


Abb. 39. Einzelheiten des Gastraphetes (Seitenansicht). *AA* Schaft der Armbrust. *B* eiserne Zahnstange. *C* Sperrklinke. *D* Abzug. *E* Sperrfinger. *F* Sehne (vom Finger *E* gespannt). *G* Pfeil.

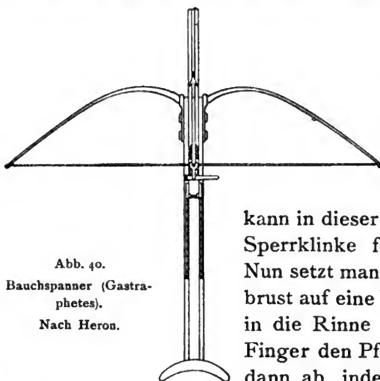
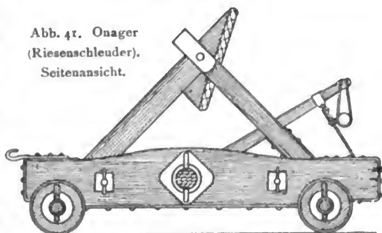


Abb. 40.
Bauchspanner (Gastraphetes).
Nach Heron.

der die Sehne festhält, durch Zurückziehen eines Seitenriegels, des sog. Abzuges, hebt. Sofort schwirrt die Sehne los und schnellt den Pfeil vor sich her.

Aus dieser Konstruktion des Bauchgewehrs, das durch Zopyros aus Tarent (vermutlich am Anfang des 4. vorchr. Jahrh.) weiter verbessert und verstärkt worden ist[1]), entwickelt sich nun die eigentliche Artillerie, die Katapulten (*καταπέλται*, *catapultae*, *ballistae*). Sie tragen verschiedene Namen, wie Gradspanner Euthytona (Pfeilgeschütze) oder Rückspanner Palintona (Steinkugelgeschütze).[2]) Ehe ich zu diesen kunstreichen Konstruktionen übergehe, möchte ich erst noch einer Maschine gedenken, die sich ebenso aus der uralten Schleuder entwickelt hat, wie die Katapulten aus dem Bogen.


Abb. 41. Onager (Riesenschleuder). Seitenansicht.

Diese Maschinenschleuder heißt im römischen Altertum Onager, d. h. Wildesel. Die Alten fabelten nämlich, der Wildesel schleudere, wenn er verfolgt werde, mit seinen Hufen Steine hinter sich. Diese Riesenschleuder hatte den Zweck, große Steine gegen die Mauern zu schleudern oder die Belagerer von den Zinnen zu vertreiben.

Stellen Sie sich einen großen Schlitten vor, dessen beide Kufen fest miteinander verbunden sind. In der Mitte werden Sehnen (sog. Spannerven) oftmals zwischen den beiden Kufen hin und her gezogen (Abb. 41). Dadurch bildet sich ein elastischer Strang, in den ein starker Holzarm wie

1) Vgl. oben S. 20. 2) Über die Namen s. S. 20 Anm. 1.

ein Knebel hineingesteckt wird. Für gewöhnlich ragt dieser Arm schief in die Luft. Biegt man ihn aber nach unten, so wird er die Spannerven stark anspannen, und diese werden mit aller Gewalt den Arm wieder in seine alte Stellung zurückzudrehen suchen. Bei der großen Maschine ist eine solche Kraft nötig, den Arm nach unten zu ziehen, daß man eine Winde zum Drehen anwenden muß (Abb. 42). Ist nun der Arm kräftig zurückgebogen, so wird ein Riegel vorgeschoben, der ihn in dieser schußfertigen Lage festhält. Oben an den Arm hängt man jetzt eine Schleuder mit der steinernen Kugel. Nun wird auf das Kommando „Los“ mit einer Schnur der vor dem Arm liegende Riegel weggezogen, der Arm kehrt in die ursprüngliche Stellung zurück und schlägt dort gegen ein festes Widerlager auf, der Stein saust aus der Schleuder heraus und trifft in hohem Bogen sein Ziel. Die Schrammsche Rekonstruktion des Onager schießt eine vierpfündige Kugel 300 m weit. Man darf annehmen, daß die antiken Geschütze noch sehr viel stärker waren. Denn der Historiker Ammian, der selbst Militär war, sagt, man dürfe dies Geschütz nicht auf harten Boden oder Steine stellen.

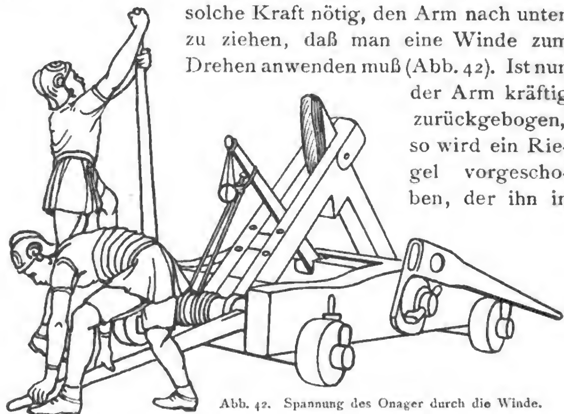


Abb. 42. Spannung des Onager durch die Winde.

Denn der Rückprall sei so stark, daß er die Unterlage völlig auseinander reißen würde. Man müsse es also auf Rasen oder Schotter stellen.

Nun kommen wir also zu den eigentlichen **Katapulten**, von denen ich Ihnen ein kleines Modell hier vorführen kann (Abb. 43).[1]) Die wesentliche Kraft dieses Geschützes liegt, wie bei dem Onager, in der Torsion der Nervenbündel. Solcher Bündel sind zwei angebracht in zwei Gehäusen, die rechts und links von der Schußrinne liegen. Die Spannarme stehen aber nicht wagrecht wie bei dem Onager, sondern senkrecht. In jedes dieser beiden Bündel steckt man einen festen Holzknebel, und die Enden dieser beiden Holzarme sind durch eine starke Bogensehne oder einen Sehnenstrang miteinander verbunden. Auf der Schußrinne bewegt sich nun wieder ein Schlitten mit Finger,

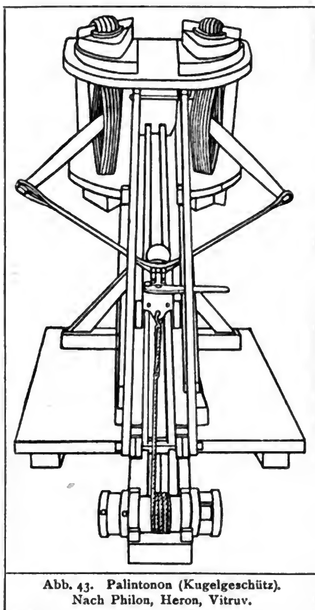


Abb. 43. Palintonon (Kugelgeschütz). Nach Philon, Heron, Vitruv.

1) Ich verdankte die Überlassung des Modells, das ein Primaner des Prinz-Heinrichs-Gymnasiums in Berlin-Schöneberg angefertigt hatte, dem Besitzer Prof. Dr. Max Schmidt in Berlin, der in seiner *Realistischen Chrestomathie* III (Lpz. 1901) S. 150ff. einige auf das Kriegswesen bezügliche griechische Texte mit Erklärung abgedruckt und S. 36ff. eine Einleitung in das Geschützwesen des Altertums gegeben hat.

der von hinten mit Kurbel gespannt wird. Zieht man die Sehne durch den greifenden Finger an, so wird die Kraft der beiden Sehnenbündel stark angespannt. Die Spannung wird auch hier durch Sperrklinke geschützt. Nun legt man vor die Sehne eine Kugel (Palintonon) oder einen Pfeil (Euthytonon), je nach der Konstruktion. Man löst den festhaltenden Finger, indem man den Riegel beiseite schiebt. Der Schuß geht los und das Geschoß fliegt zwischen den beiden Nervenbündeln hindurch dem Ziele zu. Durch Höher- und Tieferstellen, Rechts- und Linksdrehen läßt sich genau visieren.

Die Schußproben, die Generalmajor Schramm mit seinem Originalgeschütz erzielt hat, sind folgende. Sein Steingeschütz (Palintonon) schoß mit einpfündiger Bleikugel 300 m, sein Pfeilgeschütz mit einem 88 cm langen Pfeile 370 Meter weit. Diese Pfeile durchschlugen einen eisenbeschlagenen 3 cm dicken Schild so, daß der Pfeil auf seine halbe Länge durchdrang, wodurch der Schildträger gefechtsunfähig wird.

Die Tiersehnen haben eine kolossale Kraft, aber sie sind bekanntlich ein sehr empfindlicher Hygrometer. Die Spannkraft läßt daher mit der Zeit und namentlich bei feuchter Witterung viel zu wünschen übrig. Daher haben die alexandrinischen Ingenieure dafür gesorgt, daß durch Drehung der Büchsen, in welchem sich die Spannbündel befinden, oben und unten in entgegengesetzter Richtung ein Nachspannen wie beim Stimmen der Saiteninstrumente und Klaviere möglich wird.[1]) Allein, wie Philon bemerkt,

1) Es scheint unumgänglich, wenn man die Stränge um ihre Achse nach rechts und links dreht, dafür zu sorgen, daß sie nicht wieder in ihre alte Lage zurückkehren können. Daher hat Beck a. a. O. S. 168 vorgeschlagen, den Rand der Büchsen mit niederen Sperrzähnen zu versehen, die in ebensolche in der Nute des „Peritreton“ (Stranghalter) befindliche Zähnchen eingriffen. In der Tat ist bei kleinen Modellen, die nicht genau adaptiert werden können, ein Rückgleiten leicht möglich. Allein ich sah bei

hat diese Nachspannung auch ihre Nachteile. Daher verfiel er auf neue Konstruktionen, welche die Nachteile der üblichen Katapulten vermeiden sollten. Er erfand einen Keilspanner, bei welchem ein Nachspannen der Sehnenstränge durch Keile, die rechts und links in die Spannleisten eingeschoben werden, beliebig vorgenommen werden kann. Er verfiel ferner auf den sog. Erzspanner (*χαλκότονον*), bei dem die Elastizität gehämmerter Bronzefedern benutzt wird, um die Bogenarme in Spannung zu versetzen. Auch diese sinnreichen Konstruktionen sind von Schramm nachgebildet worden. Aber sie scheinen im Altertum nicht durchgedrungen zu sein. Die Elastizität der Bronze ist schwer herzustellen und scheint noch weniger Dauer zu versprechen als die üblichen Tiersehnen.

Sehr interessant ist eine Beschreibung einer Erfindung bei Philon, die das Prinzip der Mitrailleuse oder des Maschinengewehrs mit dem antiken Torsionsgeschütz löst. Herr Schramm hat auch dieses Polybolon (Mehrlader), das Dionysios von Alexandreia erfunden hat, rekonstruiert (Abb. 44, S. 94), und so kompliziert die Erfindung scheint, so bewährte sie sich doch bei der Rekonstruktion.

Das Geschütz wird wie üblich gespannt, bis der Finger die Sehne ergreift und spannt. Dieselbe Kurbeldrehung, die nun die Spannung bewirkt und, durch eine Kette ohne Ende mit dem Abzug verbunden, die automatisch erfolgende Lösung des Fingers hervorruft, bewirkt gleichzeitig, daß jedesmal ein neuer Pfeil nach dem Schusse eingelegt wird. (Vgl. das Schema Abb. 45, S. 94 unten.)

---

den Schießproben, die Generalmajor Schramm am 3. Oktober 1913 auf der Saalburg mit dem Originalgeschütze anstellen ließ, daß die mit einem mächtigen Schlüssel zurückgedrehten Büchsen vollkommen festhielten, und der Erbauer bestätigte mir, daß eine Rückdrehung der nachgespannten Geschütze noch nicht vorgekommen sei. Daher finden sich auch in den antiken Beschreibungen keine Vorrichtungen zum Hemmen der nachgespannten Büchsen.

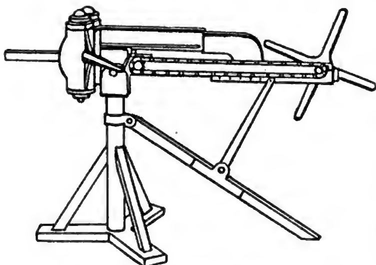


Abb. 44. Polybolon (Mehrlader) nach Philon.

Über der Pfeilrinne liegt nämlich ein Trichter, in dem eine beliebige Anzahl von Pfeilen liegt. Aus diesem Trichter fällt ein Pfeil in eine darunter sich drehende Walze, die eine Längsrinne hat, in die der Pfeil gerade hineinpaßt. Nun dreht sich die Walze, und der Pfeil dreht sich mit und kommt nun über die Pfeilrinne in dem Geschütze zu liegen. Der Pfeil fällt nach unten in die Rinne, die entleerte Walze dreht sich wieder nach oben, und während der neue Pfeil abgeschossen wird infolge der Kurbeldrehung, holt sich die Walze wieder oben aus dem Trichter einen Pfeil. So wirkt also tatsächlich dieses Polybolon, das von Einem Mann bedient wird, wie eine Mitrailleuse. Generalmajor Schramm hebt die Treffsicherheit des Geschützes hervor, das natürlich nur auf kürzere Entfernungen wirksam sein konnte.

Alle diese sinnreichen Erfindungen beruhen auf der Elastizität der Tiersehnen oder der Haare oder der Metallfedern. Unsere Artillerie beruht aber auf der Kompression der Gase. Davon hat das Altertum wenigstens eine

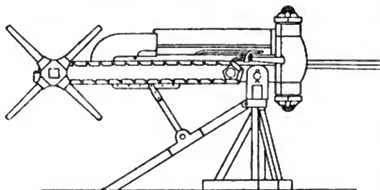


Abb. 45. Polybolon (Mehrlader) nach Philon. (Schematische Seitenansicht.)

Ahnung gehabt. Denn man hat im Altertum auch mit Luft geschossen. Wir nennen heutzutage ein solches Gewehr Windbüchse.[1]) Philon beschreibt eine Erfindung des Ktesibios (3. Jahrh. v. Chr.), die er Aërotonon (Luftspanner) nennt. Der geniale alexandrinische Ingenieur konstruierte zwei sorgfältig gearbeitete Büchsen, in denen Kolben auf und nieder gingen. Auf diese Kolben, die mit Gewalt in die Büchsen gedrückt wurden, griffen die Bogenarme der Katapulten an, und zwar so, daß die Spannung der Sehne die Kolben in den Büchsen niederdrückte. Löste sich nun beim Losschnellen der Sehne die Spannung, so trieb die komprimierte Luft natürlich die Kolben heraus. Die Arme wurden nach der entgegengesetzten Seite zurückgestoßen, und so kam der Schuß zustande.

So geistreich diese Erfindung ist, so hat doch Schramms Rekonstruktion gezeigt, daß sie praktisch nur dann wirkungsvoll wird, wenn man den Druck der Büchsen durch eine Luftpumpe reguliert. Das ist wahrscheinlich im Altertum nicht geschehen.

So gehört der Luftspanner wohl zu den vielen Versuchen, die nur auf dem Papier gestanden haben, obgleich Philon die gute Wirkung gesehen zu haben behauptet.[2]) Die genialen Erfinder des hellenischen und hellenistischen Altertums sind eben Griechen, die in der Theorie immer stärker waren als in der Praxis. Und die praktischen Römer haben auf diesem Gebiete fast nichts hinzugefügt und viel vergessen. Der einzige Autor, der hier zu nennen ist, der Anonymus *De rebus bellicis*, hat zwar ungefähr in der Zeit Justinians nach alten, vergessenen Vorbildern eine

---

1) Über die moderne Geschichte der Windbüchse vgl. O. v. Lippmann, *Vortr. u. Abh.* II 295; Feldhaus, *Technik* S. 403 und 434.

2) Philon IV 78, 33 R. Schöne *καὶ μῆκός τι τῆς τοξείας πάνυ εὐδόκιμον ἐποίουν.*

Reihe von phantastischen Vorschlägen für Kriegs- und Flottenwesen gemacht, aber man sieht nicht, daß er damit bei seinen Zeitgenossen und Nachfahren viel Glück gemacht hätte.[1])

Erst mit dem 12. Jahrh. regt sich wieder die Technik. Der Mensch lernt wieder mit der Natur fühlen und ihre Kräfte benutzen. Um diese Zeit bemüht sich die abendländische Menschheit wieder, zum Teil gestützt auf alte, aus Griechenland stammende Rezeptsammlungen, die Geheimnisse der Natur zu entreißen: den Alkohol zu destillieren[2]), das Schießpulver herzustellen, Brillen und Ferngläser zu entdecken, Taucheranzüge, Selbstfahrer, Schiffe mit Maschinenantrieb und das Flugzeug zu konstruieren. Dies alles findet sich in dem Buch *De secretis operibus* des merkwürdigen Franziskanermönches Roger Baco (1214 bis 1294) mehr oder minder deutlich beschrieben.[3]) Natürlich ist auch hier wie später bei Leonardo da Vinci das meiste

1) Wiederabdruck der Frobeniana bei R. Schneider (Berl. 1908). Die Ansicht dieses Forschers, daß das Buch eine Fälschung des 14. Jahrh. sei, hat sich nicht durchsetzen können. Ich folge in dem obigen Ansatz R. Neher, *Der Anonymus De Rebus Bellicis*, Tüb. 1911.

2) Vgl. H. Diels, *Die Entdeckung des Alkohols, Abh. der Berl. Ak.* 1913, *phil.-hist.* Kl. 3; v. Lippmann, *Beitr. z. Gesch. d. Alkohols, Chemiker-Zeit.* 1913 Nr. 129, S. 1313; Nr. 132, S. 1346; Nr. 133, S. 1358; Nr. 138, S. 1419, S. 536; Nr. 139, S. 1428.

3) Opera ined. ed. Brewer (Lond. 1859) de secret. c. 4, S. 532ff. c. 6. Über die Flugmaschine ebd. c. 4, S. 533: *Item possunt fieri instrumenta volandi, ut homo sedeat in medio instrumenti revolvens aliquod ingenium* (Maschine), *per quod alae artificialiter compositae aerem verberent ad modum avis volantis.* Er sagt über diese Erfindungen zuletzt: *Haec autem facta sunt antiquitus, et nostris temporibus facta sunt, ut certum est, nisi sit instrumentum volandi, quod non vidi, nec hominem qui vidisset cognovi; sed sapientem, qui hoc artificium excogitavit explere, cognosco.* So phantastisch vieles von seinen zum Teil aus arabischen Quellen geschöpften Miracula anmutet, ist doch das meiste wirklich wenigstens theoretische Konstruktion des Roger Baco und anderer Erfindergenies dieser Zeit gewesen.

nur theoretisch und teilweise phantastisch ausgedacht, nicht experimentell erprobt und praktisch durchgeführt worden. Allein die Probleme waren doch aufs neue gestellt, und dadurch die Erfindungskraft der Menschen, die über tausend Jahre brach gelegen hatte, stark angeregt worden. Für die Artillerie brachte die Erfindung des Schießpulvers die Wendung.

Diese Erfindung hüllt sich in Dunkelheit, wie die der meisten gegen Ende des Mittelalters auftauchenden Errungenschaften der Technik. Denn die naturwissenschaftlich ungebildete Menschheit dieser finsteren Zeiten betrachtete alle jene unheimlichen Dinge mit Grauen und war geneigt, mit den Erfindern, die sie als Zauberer beargwöhnte, kurzen Prozeß zu machen. Zum Teil waren die artilleristischen Neuerungen auch eifrig gehütetes Staatsgeheimnis, wie wir in Byzanz von der Bereitung des griechischen Feuers das wissen, das als Vorläufer des Schießpulvers betrachtet werden kann.[1]) Bei der Belagerung von Konstantinopel 673 n. Chr. hatte der Architekt Kallinikos aus Heliopolis das griechische Feuer mit Erfolg zur Anwendung gebracht. Es ist nicht leicht, sich aus den Andeutungen der Historiker die Zusammensetzung dieses Explosivstoffes und seine Anwendung vorzustellen. Doch lautet ein Rezept des Marcus Graecus, von dem sich eine lateinische Übersetzung des 12. Jahrh. erhalten hat, folgendermaßen:

„1 Teil Kolophonium,
1 Teil Schwefel,
6 Teile Salpeter

fein gepulvert aufzulösen in Lein- oder Lorbeeröl, dann in ein Rohr oder einen ausgehöhlten Holzschaft zu legen und an-

1) Berthelot, *Les compositions incendiaires dans l'antiquité et au moyen âge*, *Revue des deux mondes* 106 (1891) 786 ff.; *Chimie au moyen âge* I 93 ff. Romocki, *Gesch. d. Explosivstoffe* I (Berl. 1895) S. 5 ff.

zuzünden. Es fliegt sofort nach jeder beliebigen Richtung und vernichtet alles durch sein Feuer."[1])

Noch näher an die Zusammensetzung des Pulvers heran führt das dort mitgeteilte Rezept Nr. 13: „Fliegendes Feuer (*ignis volabilis*) wird auf folgende zweite Weise hergestellt: Nimm 1 Teil Schwefel, 2 Teile Linden- oder Weidenkohle, 6 Teile Salpeter, alles fein gepulvert in einem Marmormörser. Dann macht man damit beliebig eine Rakete oder einen Donnerschlag. Die Rakete muß lang sein und das Pulver fest eingeschlagen werden. Der Donnerschlag dagegen muß kurz und dick und nur halbgefüllt werden. Die beiden Enden müssen hier mit Eisendraht gut abgebunden werden."

Liest man nun die Beschreibung, die Leo (wahrscheinlich der Isaurier, 717—741) in seiner Taktik von der Feuertriere gibt, die am Bug einen Siphon (d. h. eine Röhre) zum Feuern gegen die feindlichen Schiffe besitzt, so deuten dessen Worte, daß das „präparierte" (griechische) Feuer mit Donner und Rauch, der dem Feuer voraufgeht, aus den Röhren abgeschossen wird[2]), darauf hin, daß es sich um Explosivstoffe handelt, die angezündet und raketenartig ab-

---

1) Marcus Gr., *Liber ignium* n. 12 (Berthelot, *Chim. au moyen âge* I 108). 13 (I 109).

2) 51 (Migne 107, 1008) *τὸ ἐσκευασμένον πῦρ μετὰ βροντῆς καὶ καπνοῦ προπύρου διὰ τῶν σιφώνων πεμπόμενον καὶ καπνίζον αὐτά* (scil. *τὰ πολεμικὰ πλοῖα*). Die unverständliche Lesart *προπείρου* habe ich nach dem Vorgang der lat. Übersetzung (*fumo ignito*) in *προπύρου* gebessert. Diese Vermutung hat der Monac. gr. 195 bestätigt, indem er von erster Hand in *καὶ πυρὸς* (statt *προπείρου*) und dann die (interpolierte) Lesart in *προπύρου* geändert hat, freilich ohne *καὶ* zu tilgen. Auch die vulgäre Redaktion des Monac. gr. 452 liest ähnlich: *οἷον τὸ σκευαστὸν πῦρ, ἤγουν τὸ λαμπρόν, μετὰ βροντῆς καὶ καπνοῦ τῶν προπύρων πεμπόμενον.* Diese Lesung bezieht also das Epitheton auf *βροντῆς* und *καπνοῦ* in gleicher Weise, gibt aber kaum das Echte wieder. Die Lesarten der Münchner Hss. verdanke ich Heisenbergs Güte.

Es kann nach dieser Beschreibung nicht zweifelhaft sein (vgl. Berthelot, *Chimie au moyen âge* I 98), daß Salpeter als explodierender Bestandteil im

geschossen werden, um schwer löschbares Feuer auf die Flotte der Gegner zu schleudern. Ebenso lassen sich die Handsiphone (χειροσίφωνες), die daselbst c. 56 erwähnt werden, als kleinere explodierende Feuerwerkskörper auffassen, die dem Feinde gegen das Gesicht geschleudert werden sollen.[1])

Aus solchen Quellen schöpft nun auch Roger Baco, der ums Jahr 1260 an den Bischof Wilhelm von Paris seine berühmte *Epistola de secretis operibus artis et naturae et de nullitate magiae* schrieb. Hier beschreibt er zunächst im

griech. Feuer vorhanden war, aber gerade dieser wurde geheim gehalten. Ganz unvereinbar ist mit Leos Bericht die Annahme, daß neben Naphtha Schwefel und ungelöschter Kalk, die sich im Wasser entzünden (schon in alexandrinischer Zeit bekannt, s. Berthelot a. a. O. 95), verwandt seien (v. Lippmann, *Abh. u. Vortr.* I 131 ff.). Denn wie sollen die Handsiphone, die das griech. Feuer den Feinden ins Gesicht schleudern, das zur Entzündung des Kalks nötige Wasser erhalten? Wie soll bei diesen ferner die Feuerspritze, die zur Ausspritzung der Brandfüllung nötig erachtet wird, angebracht werden? Allerdings aber führen die Ausdrücke „flüssiges Feuer" bei Theophanes, Chronogr. I 396, 13. 499, 11 de Boor (ὑγρὸν πῦρ), die er neben πῦρ Ῥωμαϊκόν (396, 29), πῦρ θαλάσσιον (354, 13), σκευαστὸν πῦρ (405, 20) für das griechische Feuer braucht, auf die Vermutung, daß neben jenem explodierenden Treibsatz, der mit dem späteren Pulver zu vergleichen ist, noch eine Flüssigkeit (entweder Öl wie in dem oben erwähnten ersten Rezepte oder Naphtha) abgeschossen wurde, die sich bei der Explosion entzündete und unlöschbares Feuer auf die Schiffe und Soldaten der Gegner schleuderte. Auf einen solchen Apparat beziehe ich die älteste Abbildung eines Geschützes bei Walther von Milemete (Christchurch-Bibl. Oxford) aus dem J. 1326, die Feldhaus, *Technik* 409, Abb. 271 abbildet. Der bauchige Behälter ist mit einer Spitze versehen, damit er an dem Holze des beschossenen Tors haftet. Über arabische Naphthaspritzen vgl. E. Wiedemann, *Beitr.* VI (Erl. 1906) S. 38, 52.

1) Aus diesem Apparat, von dem Cod. Vatic. 1605 s. XI eine bei Feldhaus, *Technik* 303, Abb. 200 skizzierte Abbildung gibt, hat sich wahrscheinlich der gestielte Handmörser der Araber (*Madfaa*) entwickelt, den ein arabischer Autor des 14. Jahrh. Schems-Eddin Mohammed beschreibt (Jähns a. a. O. I 181). Der Bolzen, der auf die festgestopfte Holzröhre (die ebenso breit wie tief sein muß) aufgepreßt wird, worauf die Entzündung des Brandsatzes (wohl durch ein Zündloch) erfolgt, ist keineswegs als Projektil, sondern als Verschluß gedacht. Doch mag sich aus dieser Waffe die eigentliche Kanone entwickelt haben.

sechsten Kapitel *de experimentis mirabilibus*, wie eine kleine fingerdicke präparierte Masse in der Luft Donner und Blitze stärker als ein Gewitter erzeugen könne.[1])

Das Geheimnis seines Donnerpulvers hat er dann im c. 11 halb enthüllt, indem er Salpeter und Schwefel und als dritten Bestandteil anagrammatisch verstecktes Kohlenpulver zur Herstellung von Blitz und Donner empfiehlt.[2])

Aber mit der Kenntnis des Salpeters und seiner Explosivkraft war keineswegs auch die moderne Kanone erfunden. Denn es handelte sich darum, die Sprengkraft jenes Gemisches zu bändigen und als Triebkraft eines Geschosses auszunützen. Diesen bedeutenden Fortschritt verdanken wir weder den Arabern, deren Ansprüche sicher unberechtigt sind[3]), noch den Chinesen[4]), sondern den Deutschen, die bei Byzantinern wie Italienern als die Erfinder der neuen „barbarischen" Technik angesehen wurden.[5]) Im 14. und 15. Jahrh. besitzen die Deutschen ausschließlich eine

1) p. 536 ed. Brewer *Nam soni velut tonitrua possunt fieri et corruscationes in aere, immo maiori horrore quam illa quae fiunt per naturam. Nam modica materia adaptata, scilicet ad quantitatem unius pollicis, sonum facit horribilem et corruscationem ostendit vehementem.*

2) p. 551 Br. Romocki a. a. O. I 93, dessen Lesung freilich weder mit dem Drucke noch mit dem von Brewer verglichenen Manuskript ganz stimmt.

3) Romocki I 78 ff.

4) Romocki I 39 ff. W. F. Mayers *Journ. of the North-China branch of the Royal Asiatic Soc.* 1869—1870 (N. S. VI), Shanghai 1871, S. 76 ff. Dagegen G. Schlegel, *T'oung pao Archives pour servir à l'étude de l'histoire . . . de l'Asie orientale* Sér. II, vol. III (1902) p. 1 ff. O. v. Lippmann, *Abh. u. Vortr.* I 149 ff; II 284 ff.

5) Interessant ist der Bericht des Zeitgenossen Laonikos Chalkondyles de reb. Turc. V, p. 231 ff. Bonn über Murads II. vergebliche Belagerung von Konstantinopel (1422). Die Kanonen (*τηλεβόλοι, τηλεβολίσκοι*) seien keine antike Erfindung, man glaube, sie seien von den Deutschen erfunden und hätten von dort aus sich schnell über den Erdkreis verbreitet (*οἱ μὲν τηλεβολίσκοι ἀπὸ Γερμανῶν καὶ ἐς τὴν ἄλλην κατὰ βραχὺ ἀφίκοντο οἰκουμένην*). Die Triebkraft, welche Steinkugeln schleudert, wird durch das Pulver (*κόνις*) gebildet: *τῆς δὲ κόνεως τὸ νίτρον ἔχει τὴν δύναμιν ἄνθρακί τε καὶ θείῳ ἐπιμιγνυμένη.*

artilleristische Literatur, und deutsche Büchsenmeister spielen in allen Landen die erste Rolle.[1]) Die Sage von Berthold Schwarz freilich, als dem Erfinder des Pulvers oder der Kanone, läßt sich geschichtlich nicht genau fixieren. Nur so viel ist sicher, daß sich im Laufe des 14. und 15. Jahrh. die neue artilleristische Waffe mit unheimlicher Schnelligkeit durch Europa und Asien verbreitete, so daß die Städte Deutschlands und Italiens bereits in der ersten Hälfte des 14. Jahrh. mit Kanonen versehen waren. Petrarca wütet um die Mitte dieses Jahrh. gegen diese neue „Pest", die einige dem Archimedes zuschrieben.[2]) Am Anfang des folgenden Jahrh. unter dem mächtigen Kaiser Yung-lo (1403 bis 1425) dringt die Kanone bereits nach China vor, und Berlin besitzt zurzeit im Museum für Völkerkunde (Nr. 224) ein von der großen Mauer stammendes Feuerrohr, eine mit Zündloch versehene, auf einer Stange aufzustellende Bronzebüchse (Abb. 46) von 35,7 cm Länge (Kaliber 16 mm), die nach der authentischen Inschrift aus dem Jahre 1421 stammt.[3])

---

1) M. Jähns, *Gesch. d. Kriegsw.* I (1889) 225.

2) Petrarca im Dialog *De remediis utriusque fortunae* I 99 (ed. Basil. 1554 fol., p. 84) *G. Habeo machinas et balistas innumeras. R. Mirum nisi et glandes aeneas, quae flammis iniectis horrisono tonitru iaciuntur. Non erat satis de coelo tonantis ira Dei immortalis, homuncio, nisi (o crudelitas iuncta superbiae) de terra etiam torruisset*; *„non imitabile fulmen"*, *ut Maro* [Aen. VI 590] *ait, humana rabies imitata est, et quod e nubibus mitti solet ligneo quidem, sed tartareo mittitur instrumento, quod ab Archimede inventum quidam putant eo tempore, quo Marcellus Syracusas obsidebat. Verum ille hoc, ut suorum civium libertatem tueretur, excogitavit, patriaeque excidium vel averteret vel afferret* [l. *differret*], *quo vos, ut liberos populos vel iugo vel excidio prematis, utimini. Erat haec pestis nuper rara, ut cum ingenti miraculo cerneretur, nunc ut rerum pessimarum dociles sunt animi, ita communis est ut unum quodlibet genus armorum.* Die Stelle ist u. a. auch darum interessant, weil sie bezeugt, daß Petrarca noch keine Metallgeschütze, sondern nur hölzerne kennt. Über Archimedes s. S. 104.

3) Feldhaus, *Zeitschr. f. hist. Waffenkunde* IV 8 (1907) S. 256. Photographische Wiedergabe des Stückes in dess. Verf. *Technik* (Lpz.-Berl. 1914) S. 424, Abb. 281.

Es ist die älteste datierte Waffe dieser Art, die sich erhalten hat.

Sobald einmal die mit Pulver geladenen Kanonen an die Stelle der Armbrüste und der schwerfälligen Hebelgeschütze getreten waren, die im Mittelalter die antiken Torsionsgeschütze fast ganz verdrängt hatten[1]), verschwanden allmählich alle anderen Konstruktionen; und auch die angeblich von Archimedes erfundene Dampfkanone, von der vielleicht schon Petrarca eine dunkle Kunde erhalten hatte, ohne ihre Konstruktion zu kennen[2]), die Leonardo da Vinci genauer beschreibt, hat den Siegeslauf der Pulvergeschütze nicht aufhalten können. Da sich an die Beschreibung Leonardos eine interessante Streitfrage knüpft, will ich zum Schluß Ihnen diese Erfindung, die selbst im Zeitalter des Dampfes noch nicht zu praktischer Anwendung hat führen können, vorführen. Der geniale Maler und Techniker gibt in seinem in Spiegelschrift verfaßten und mit Zeichnungen und Skizzen versehenen technischen Manuskripten (B f. 33) den „*Arcitronito*" des Archimedes in drei andeutenden Skizzen wieder (Abb. 47).[3])

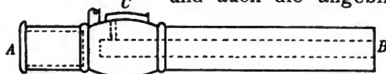


Abb. 46. Chinesische Stangenbüchse von 1421. *AB* Rohr. *A* Öffnung zum Einstecken der Stange. *B* Öffnung der Seele. *C* Zündpfanne mit Zündloch (4 mm Durchm.), ursprünglich mit Deckel geschützt.

Dieser „Urdonnerer" besteht aus einem langen Kanonenrohr, das, wie die oberste Zeichnung verdeutlicht, zu einem Drittel in einem Feuerkasten steckt und dort glühend

1) Rud. Schneider, *Die Artillerie des Mittelalters*, Berl. 1910.

2) S. oben S. 101 Anm. 2.

3) S. Feldhaus, *Leonardo der Techniker und Erfinder* (Jena 1913) S. 93. Über die Chronologie dieser Mss. s. Feldhaus, *Technik* S. 622. Das Pariser Ms. B stammt aus 1488—97.

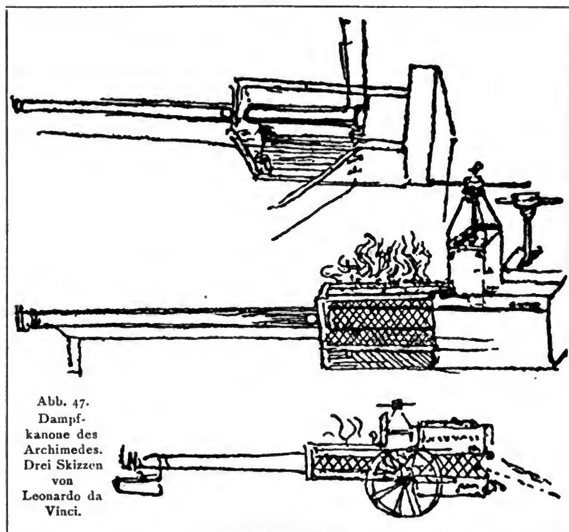


Abb. 47. Dampfkanone des Archimedes. Drei Skizzen von Leonardo da Vinci.

gemacht wird, wie die zweite Skizze zeigt. Über dem rechten Ende des Kanonenrohrs befindet sich ein Wasserkessel. Wenn die mit *d* bezeichnete Schraube (Spiegelschrift auf der mittleren Skizze) aufgedreht wird, fließt das Wasser in den glühenden Teil des Kanonenrohrs und verwandelt sich plötzlich in Dampf, der die vorliegende Kugel mit Gewalt aus dem Rohre schleudert. Die Kanone, heißt es zum Schluß, warf eine Kugel, die ein Talent wog, sechs Stadien weit.[1])

Während Matschoß, der verdiente Historiker der Tech-

1) *una balotta che pensava uno talanto stadj 6.*

nik[1]), kein Bedenken getragen hat, dem berühmtesten Ingenieur des Altertums diese „erste Dampfmaschine" zuzutrauen, bezweifeln andere mit Recht diesen ehrwürdigen Namen. Das Altertum hat, soviel wir wissen, die Kraft des Dampfes, die ja allerdings im Kleinen erprobt war, niemals zu größeren Maschinen und namentlich niemals zur Konstruktion von Geschützen verwendet. Falls Archimedes bei der berühmten Belagerung von Syrakus (212 v. Chr.) derartige Geschütze zur Anwendung gebracht hätte, würde die Historie gewiß davon berichtet haben.

Feldhaus erklärt daher den Namen „Archimedes" als Beinamen eines Ingenieurs der neueren Zeit, dem Leonardo diese Erfindung entlehnt habe.[2]) Allein auch diese Auskunft versagt. Denn abgesehen von Petrarca, dessen Anspielung ich oben mitgeteilt habe, deutet die Maßangabe nach Talent und Stadien mit Sicherheit auf das griechische Altertum hin.

Auf die richtige Lösung führt die Beobachtung, daß sich unter dem Namen des Archimedes bei den Arabern eine Reihe von offenbaren Fälschungen nachweisen lassen.[3]) Der im Orient und Okzident hochberühmte Name des syrakusanischen Gelehrten und Technikers forderte die phantastische und zu naiver Fälschung nur allzu geneigte arabische Schriftstellerwelt von selbst zu Unterschiebungen heraus. Die alchemistische wie die Florilegienliteratur der Araber strotzt von antiken und antikisierenden Namen, denen jeder reale Hintergrund fehlt. Aristoteles, der Geistesherrscher im Mittelalter, hat dort Anlaß zu einer Fülle von Pseudepigraphen gegeben. So wird die Vermutung nahe

---

1) *Geschichte der Dampfmaschine* (Berl. 1909) S. 26. Er vermutet, daß Leonardo eine uns verlorene Hs. des Archimedes benutzt haben müsse.

2) So heißt z. B. Jacopo Mariano (um 1440) *Archimede*.

3) S. Heiberg in Archenholds „*Weltall*" IX 186 und oben S. 75 Anm. 1.

gelegt, daß ein ingeniöser Kopf unter den arabischen Physikern (es fehlt nicht an solchen) seinem Einfall unter dem berühmten Namen des Archimedes, dessen Ruhm zu allen Zeiten durch die Verteidigung von Syrakus begründet war, Vertrauen und weitere Verbreitung verschaffen wollte. Und diese Vermutung wird fast zur Gewißheit, wenn wir sehen, wie Leonardo an derselben Stelle (B f. 96) mitteilt, Archimedes habe eine Maschine erfunden, um Brander (d. h. mit Brandsätzen gefüllte Töpfe oder Kupferhülsen) und Pech auf die feindliche Flotte zu schleudern. Er habe in spanischen Geschichtsbüchern gefunden, daß Archimedes diese Raketenmaschinen in den Kämpfen der Spanier gegen die „*Inglesi*“ zur Anwendung gebracht habe. Namentlich habe er *Cliderides*, den König der *Cirodastri*, durch seine Erfindungen unterstützt.[1]) Diese spanische Fabelei mit den griechisch klingenden Namen führt auf maurisch-arabische Überlieferung. Denn genau so haben die arabischen Alchemisten mit den antiken Namen gespielt. Vielleicht wird es einem mit der spanisch-arabischen Literatur vertrauten Gelehrten gelingen, die Vorlage Leonardos, wenn sie sich noch erhalten haben sollte, ausfindig zu machen.

Wenn also die moderne Entwicklung des Kriegswesens nicht direkt mit der hellenischen Überlieferung zusammenhängt, so ist doch auch hier ein unmerklicher Übergang vom Alten zum Neuen, von dem aus antiker Tradition stammenden griechischen Feuer zu den modernen Feuerwaffen nachzuweisen. Wenn die Deutschen, wie es wahrscheinlich ist, bei der Ausbildung der neuen Waffen die entscheidenden Schritte getan haben, so haben sie sich auch hier wie so oft als die Fackelträger erwiesen, welche die fast erloschenen Funken des Altertums zur helleuchtenden Flamme anzufachen wußten. Freilich blickten damals, als die neue

1) Libri, *Histoire des Sciences math. en Italie* I ² (Halle 1865) p. 36.

Erfindung das alte Ritterwesen von Grund auf umwandelte und zerstörte, viele romantisch gestimmte Seelen mit Schauder auf das barbarische Teufelswerk. Außer Petrarca, dessen Verdammungsurteil ich bereits früher erwähnte, ist besonders die Klage Ariosts bezeichnend, die er mit der Geschichte seines Helden Roland lose verwebt hat. Dieser kämpft mit dem Friesenkönig Cimosco, der in Holland eingefallen war und vergebens mit seinen zwei Ellen langen Feuerrohren gegen ihn ficht. Nach seinem Siege erhält Roland die Kanone als Beute. Er wirft sie aber auf hoher See in die Tiefe, daß das „verfluchte Rohr" hinfürder kein Unheil mehr anstiften und Rittertugend zu Schanden machen könne.[1])

Trotzdem steigt später die Maschine wieder in die Höhe[2]):

XI 22 Aus hundert Klafter tiefen Meeresgrüften
Vermochte dann des Teufels Zaubermacht
Die höllische Maschine doch zu lüften:
Sie ward zuerst den Deutschen zugebracht.
Die wußten manches damit anzustiften,
Und, stets auf unser Unheil nur bedacht,
Verfeinerte der Dämon ihre Geister:
So wurden mählich sie des Werkes Meister.

23 Italien, Frankreich und die Länder alle
Erlernten diese grause Kunst mit Hast:
Hier schmilzt man in dem Ofen Erzmetalle,
Die man darauf in hohle Formen faßt;
Dort bohrt man Eisen, wie in jedem Falle,
Klein oder groß, ins Loch die Kugel paßt.

24 . . . .
Gib, armer Krieger, alle deine Waffen
Der Schmiede hin bis auf dein gutes Schwert!
Du mußt dich an die Büchse jetzt gewöhnen,
Denn sonst wird wahrlich niemand mehr dich löhnen!

---

1) Orlando furioso IX 28. 29. 90. 91. Hier heißt es: *O maledetto, o abominoso ordigno Che fabricato nel tartareo fondo Fosti per man di Belzebù maligno Che ruinar per te disegnò il mondo.*

2) XI 22 ff.

Wie fandest du nur Eingang bei den Toren
O du verruchte, dumme Teufelskunst?
Durch dich ging jeder Waffenruhm verloren,
Die Ritterehre ward zum eitlen Dunst!

Weichliche Seelen stimmen auch jetzt noch in die Klagen der alten Italiener ein, daß jene furchtbaren Kriegsmittel der modernen Artillerie eine Erfindung des Satans seien, ohne zu bedenken, daß diese nicht minder zum Schutz wie zum Trutz dienen. Wer aber in diesen Vervollkommnungen der Kriegstechnik einen Beweis für die kulturfeindliche Mission des deutschen Genius erblickt, den darf man wohl an Erfinder wie Gutenberg erinnern, der den durch Cicero vermittelten vagen Gedanken des großen Poseidonios von dem beweglichen Letterndruck[1]) in die Tat umsetzte, an Kopernikus und Kepler, welche die Somnia Pythagorea über den Kosmos zur Wahrheit werden ließen, an so viele andere Wohltäter der Menschheit, die in den späteren Jahrhunderten Deutschland gestellt hat. Mit den geistigen Waffen, die diese Männer geschmiedet, kämpft jeder echte Deutsche am liebsten. Sollten aber eines Tages scheelsüchtige Nachbarn, die unser materielles und geistiges Fortschreiten hemmen wollen, durchaus mit anderen Waffen den Kampf beginnen, so werden sie uns auch hier gerüstet finden. Was für Archimedes der höchste Ruhm war, sein Vaterland mit der besten Wehr und Waffe verteidigt zu haben, das wird den deutschen Archimeden nicht zur Schande gereichen!

---

1) Poseidonios als Quelle Ciceros habe ich im *Elementum* (Leipzig 1899) S. 1 ff. nachgewiesen.

VI

ANTIKE CHEMIE[1])

Während in dem letzten Jahrhundert die Chemie namentlich auch in unserm Vaterlande zu einer für die Theorie der Weltanschauung wie für die Praxis des Weltgeschehens wichtigen, ja wichtigsten Wissenschaft emporgediehen ist, verbirgt sie sich im Altertum in ein mysteriöses Dunkel. Name wie Sache scheint auf den ersten Blick in gleicher Weise unbekannt zu sein. Allein die Gräber Ägyptens, die sich seit hundert Jahren geöffnet, und die Quellenforschung der Philologen und Chemiker, die sich auch diesem okkulten Gebiete mit immer steigender Energie zugewandt haben, beginnen doch einiges Licht in die Dunkelheit zu werfen.

Früher galt der Astrologe Firmicus Maternus, der um 336 n. Chr. sein astrologisches Handbuch schrieb, als der erste, der von Chemie sprach.[2]) Man las im 3. Buche eine Stelle, welche vom Einfluß des Mondes im Hause des Saturn handelt und *scientiam alchimiae* den unter dieser Konstellation Geborenen verhieß. Da die alten Gelehrten wußten, daß Alchemie eine erst durch die Araber geschaffene Form war, so lasen sie *chimiae* und behaupteten, dies stünde in den Hss. des Firmicus. Die neueste, allein zuverlässige Ausgabe dieses merkwürdigen Schriftstellers[3])

---

1) Aus einem Vortrag in der Archäologischen Gesellschaft zu Berlin am 4. März 1913 erweitert. Vgl. *Wochenschr. f. kl. Philol.* 1913, 1040.

2) Vgl. H. Kopp, *Beitr. z. Gesch. d. Chemie* (Braunschweig 1869) S. 44ff.

3) Iulii Firmici Materni matheseos libri VIII ed. Kroll, Skutsch, Ziegler. 2 Bde., Leipzig 1897. 1913. Vgl. über die große, durch den Fälscher ausgefüllte Lücke ebd. I 189, 8.

hat erwiesen, daß die ganze Stelle eine freche Interpolation der ersten Ausgabe ist, die am Ende des 15. Jahrh. in Venedig erschienen ist.

So bleibt also im wesentlichen nur Zosimos von Panopolis in Ägypten, einer der Hauptvertreter der Alchemie im 4. nachchr. Jahrh., als Zeuge für das Wort Chemie übrig. An eine später zu erwähnende jüdische Legende über den Ursprung der Scheidekunst knüpft er die Bemerkung, das erste Buch in dieser Art stamme von dem Propheten Chemes und daher habe die Chemie ihren Namen.[1]) Die Versuche, das Wort aus dem Ägyptischen abzuleiten[2]), wonach es entweder Ägypten (als die schwarze Erde) oder die Schwärze bezeichnen soll, die als Urzustand der Me-

1) Zosimos b. Syncell. 24, 11 Dind. *ἔστιν οὖν αὐτῶν ἡ πρώτη παράδοσις Χημεῦ* [so die Hs., lies *Χήμου* d. i. *Χύμου* von dem Nominativ *Χύμης*] *περὶ τούτων τῶν τεχνῶν. ἐκάλεσε δὲ ταύτην τὴν βίβλον Χημεῦ* [l. *Χήμου* = *Χύμου*], *ἔνθεν καὶ ἡ τέχνη Χημεία καλεῖται.* Die Stelle lautet in der syr. Bearbeitung (etwa 5.—6. Jahrh.) nach Berthelot, *Chimie au moyen âge* II 230: *On appelle leur livre Chema (koumou) et c'est de là que la chimie (koumia) a reçu son nom.* Allein der Text heißt vielmehr wörtlich: „*Sie waren lesend die Schriften des Khumu und hiervon wird die Khumia genannt.*" Der Syrer las also *Χύμου* und *Χυμεία*. Die Form *Χημα* als Titel des chemischen Urbuches scheint Cedrenus gelesen zu haben p. 629, 8 Bekk. (z. J. 515 n. Chr.) *τότε καὶ ἀνήρ τις χειμευτὴς ἐκ τῶν τῆς Χείμης τεχνῶν εὐφυὴς ὢν ταῖς ἀπάταις ὀφθαλμοπλανῆσαι ὑπεδείκνυεν ἀργυροπράταις καὶ ἑτέροις χεῖρας καὶ πόδας ἀνδριάντων καὶ ἕτερα εἴδη χρυσᾶ λέγων θησαυρὸν εὑρηκέναι καὶ πολλοὺς ἀπατήσας εἰς πενίαν ἤνεγκε.* Χήμης heißt der Heros Eponymos der Chemie bei Olympiodor, dem Kommentator des Zosimos, Berthelot-Ruelle, Alchem. gr. 84, 12 (s. unten S. 116 Anm. 2). An anderen Stellen des Zosimos heißt der Name *Χύμης* 169, 9; 172, 17, dagegen *Χίμης* 182, 18; 183, 22 (Var. *Χύμης*). Hier heißt er *ὁ προφήτης*.

2) Die eingehendste Darlegung der Etymologie mit dem sorgfältigst gesammelten Materiale gibt G. Hoffmann in Ladenburgs *Handwörterbuch der Chemie* II 518 u. d. Artikel Chemie. Es spricht sich für die Ableitung von dem ägyptischen chēmī (Schwarz, Schwärze) aus, ist aber im weiteren dem Wahren, das ich zu beweisen versuche, ganz nahe gekommen.

tallverbesserung anzusehen und durch „Weißung" und „Gilbung" zum gewünschten Resultate der Goldmacherkunst hinführe, sind meines Erachtens vergeblich gewesen. Denn nach einem solchen Urworte chēmi suchen wir in den chemischen und alchemistischen Schriften vergeblich. Da die griechischen Chemiker schon in ihren ältesten Schriften, die wir kennen lernen werden, und so auch später in der byzantinischen Zeit, durch eine besonders schlechte Orthographie sich auszeichnen, so ist es ganz unsicher, ob in dem fraglichen Namen der Chemeia und des Propheten Chemes nicht statt des ersten ē ein i oder y zu lesen ist, da seit Anfang unserer Zeitrechnung in den ägyptischen vulgär überlieferten Texten diese Vokale wie im heutigen Neugriechisch übereinklingen. In der Tat finden sich in den Handschriften neben den Formen mit ē auch die mit y häufig überliefert. Von diesen auch beim Syrer überlieferten Formen *Chymes* und *Chymeia* ist nach meiner Meinung auszugehen. Freilich die Ableitung von *χυμός* (Saft) führt nicht zum Ziel, da dieses in der Medizin und Botanik übliche Wort niemals von den Tränken und Säften der Goldmacher gebraucht wird. Wohl aber stellt ein zuerst in dem Hippokratischen Corpus von Metallen gebrauchtes, dann aber besonders in der Septuaginta und sonstigen aus Ägypten stammenden Schriften übliches Wort *χύμα* (Metallguß) das Etymon dar, aus dem die Kunst des Metallgießens, die im Mittelpunkte der antiken chemischen Technik stand, und zahlreiche Ableitungen benannt sind.[1])

---

1) *Χύμα*, das nach Hippocr. de arte 12 zuerst in den delischen Inventaren (*χύμα χρυσοῦν*) und in Oropos im 3. Jahrh. v. Chr. erscheint (wie ich Hermes 48, 402 nachwies), gebraucht der alexandrinische Geograph Agatharchides (um 150 v. Chr.), wo er von der Goldbearbeitung in chemischen Terminis redet, de mari Erythr. 28 (128, 12) *αὐτὸ δὲ τοῦ χρυσίου τὸ χύμα βραχεῖαν εἴληφὸς ἀπουσίαν ἀπὸ τοῦ ψήγματος*. Über *ἀπουσία* s. *Abh. d. Berl. Ak. (phil.-hist. Kl.)* 1913 n. 3 S. 10[2]. Von einer Honig-

Die Chemie, oder wie man richtiger sagen müßte, die Chymie ist also zunächst die Kunst des Metallgusses, wie das durch den Inhalt der antiken literarischen Überlieferung und die legendenhaften Erzählungen über den Ursprung der Kunst bestätigt wird. Derselbe Zosimos nämlich, den ich eben für die Etymologie des Namens „Chemie“ anführte, berichtet über die Uranfänge dieser Kunst eine eigentümliche Sage.[1]) Darnach stamme diese Wissenschaft von den bösen Engeln ab, welche nach der Vertreibung des ersten Menschenpaares aus dem Paradiese mit den Töchtern des Landes buhlten und als Entgelt dafür diesen alle Geheimnisse der Natur offenbarten. Diese Legende knüpft an die Erzählung der Genesis an, wo es im 6. Kap. heißt: „Da sich aber die Menschen begannen zu mehren auf Erden und zeugeten ihnen Töchter, da sahen die Kinder Gottes nach den Töchtern der Menschen, wie sie schön waren, und nahmen zu Weibern, welche sie wollten ... Es waren auch zu den Zeiten Tyrannen auf Erden; denn da die Kinder Gottes mit den Töchtern der Menschen verkehrten und ihnen Kinder zeugeten, wurden daraus Gewaltige in der Welt und berühmte Leute.“ Aus diesem Keime hat die jüdische Legende in den letzten Jahrhunderten vor

---

masse sagt Diodor 17, 75, 7 *χύμα διάφορον τῇ γλυκύτητι*. Dann übertragen in der Septuaginta öfter und bei Aristeas 14. 277. Von *χύμα* wird nun zunächst *χυμεύειν* abgeleitet. Zwar sind die Verba auf *-εύειν*, die von Neutris auf *-μα* abgeleitet werden, nicht häufig (Fränkel, *Denominativa* S. 194), aber sie fehlen keineswegs: *δραγμεύειν* schon bei Homer *Σ* 255 zu *δράγμα*, *σαρμεύειν* tab. Heracl. Collitz 46, 29, I 136. Wie hier zur Unterstützung der Ableitung neben *σάρμα σαρμός* liegt, so liegt neben *χύμα χυμός*, was die Ableitung begünstigte. Davon ist nun *χυμεία*, *χύμευσις*, *χυμευτής*, *χυμευτικός* und der fabulöse *Χύμης* abgeleitet worden. Die Grundbedeutung scheint in einigen Wendungen noch durchgefühlt zu werden, z. B. was Suidas aus Joannes Antiochenus s. v. *χημεία* über die Diokletianische Verfolgung berichtet: *ὅτε δὴ καὶ τὰ περὶ χημείας χρυσοῦ καὶ ἀργύρου τοῖς παλαιοῖς αὐτῶν* (der Ägypter) *γεγραμμένα βιβλία διερευνησάμενος ἔκαυσε*.

1) A. a. O. S. 23, 21 f.

[illegible] gefunden, die in dem [illegible] Sie- [illegible] Vermischung [illegible] gefunden hat. Dieser [illegible] von den Engeln, die [illegible] Menschentöchtern [illegible], um sie als Entgelt [illegible] Zaubermittel, [illegible] Wurzeln und [illegible]. Einer von den Engeln namens Azazel lehrte die Menschen die Bereitung von Schwertern, Schilden und Panzern, zeigte ihnen die Metalle und ihre Bearbeitung, unterwies sie in der Verfertigung von Armspangen, Schmucksachen, Augenschminken, im Gebrauch und der Bearbeitung der Edelsteine und in der Bereitung von Färbemitteln. „Es herrschte viel Gottlosigkeit", schließt der Bericht, „sie trieben Unzucht, gerieten auf Abwege und alle ihre Pfade wurden verderbt."[2]

In dieser später oft wiederholten Legende ist ein Doppeltes zu beachten. Einmal werden hier in den Erfindungen des Engels Azazel die Metalle, Edelsteine und Färbemittel herausgehoben und als Inbegriff der später „Chemie" genannten Technik zusammengefaßt, und diese Technik selbst wird als etwas Verruchtes, als eine Art Teufelswerk hingestellt. Beides erklärt sich aus der literarischen Form, in der die antike Chemie in der alexandrinischen Welt in die Erscheinung trat. Der Verf. des Henochbuches gibt somit die Resonanz der im Ausgang der hellenistischen Zeit herrschenden Anschauung wieder, und diese ist beeinflußt durch ein umfassendes Universalwerk chemisch-technischen Inhalts, das den großen Namen des Demokrit fälschlich an der Stirn trägt und die ganze technische Litera-

[1] [illegible] heißt es in dem Auszug bei Georg. Sync. [illegible]

[2] [illegible] Kautzsch, [illegible] u. Pseudepigr. d. A. T. [illegible]

tur der Folgezeit bis zum Ende des Mittelalters beherrscht hat. Dieses Werk ist um das Jahr 200 v. Chr. in Ägypten entstanden und stellt die Zusammenfassung des gesamten chemisch-technischen Wissens dar, das aus Orient und Okzident, aus den großen Bibliotheken Alexandrias und den Tempeln Ägyptens, aus griechischen und nichtgriechischen Quellen in Alexandria, dem Mittelpunkte des damaligen Welthandels und der dortigen Weltindustrie, zusammenströmte. Der Verfertiger dieser Sammlung ist ein gewisser Bōlos, der zwischen Theophrast und Poseidonios (etwa 250—200 v. Chr.) aus griechischer Wissenschaft, ägyptischer Technikerpraxis und altpersischen Schwindelschriften wie Hosthanes und Zoroaster eine große naturwissenschaftliche Enzyklopädie verfaßt hat, die Menschen, Tiere, Pflanzen, Metalle und Steine umfaßte.[1]) Der Verfasser hat nun dies Werk unter dem Namen des Abderiten Demokritos veröffentlicht, der durch die Vielseitigkeit seiner Interessen und seine angebliche Berührung mit orientalischer Urweisheit als ein besonders geeigneter Vertreter dieser Geheimwissenschaft erschien. So sind denn aus dieser Quelle eine Reihe von Auszügen und Bearbeitungen geflossen, unter denen namentlich für die Chemie und die in der Kaiserzeit im stillen sich ausbildende Alchemie ein vierbändiges Werk wichtig geworden ist, das den Titel trug „Demokrits Physik und Mystik".[2]) Leider sind von diesem Hauptbuche nur lückenhafte und durch spätere Zutaten schlimm entstellte Bearbeitungen auf uns gekommen, so daß es nicht mehr möglich ist, den Urzu-

1) S. M. Wellmann in Pauly-Wissowa III 676 (1897). Er hat seine Quellenuntersuchungen seitdem weiter ausgedehnt und glaubt dadurch das ganze Buch rekonstruieren und die Zeit näher bestimmen zu können (nach Hermippos). Es ist zu wünschen, daß diese wichtige Untersuchung bald vorgelegt werde.

2) *Δημοκρίτου Φυσικὰ καὶ μυστικά.* Vgl. Vorsokr. II^3 130, 23ff.

stand der Bücher mit Sicherheit festzustellen.[1]) Nur dies ist klar, daß darin in vier Büchern über Gold, Silber, Perlen und Edelsteine, endlich über Purpurfärberei gehandelt war. Man sieht, daß hier ungefähr derselbe Inhalt chemischer Lehre umrissen wird, der bereits im Henochbuch als die verhängnisvolle Morgengabe des gefallenen Engels Asasēl erwähnt wird. Man sieht ferner, daß diese Schrift, wie fast die gesamte alchemistische Literatur, ein Doppelangesicht trägt: es finden sich darin einmal wirklich technisch mögliche, zu einem bestimmten Zwecke dienliche Prozesse und Bearbeitungen beschrieben, und dicht daneben eine Wolke naturphilosophischer und gnostischer Mystik, verbunden mit religiösen Formeln, philosophischen Schwindelzitaten, okkultistischer Zauberei und Magie, kurz, ein wahrer Höllenbräu von Sinn und Unsinn, griechischer Gnosis und orientalischer Superstition, wie dergleichen nur aus dem synkretistischen, Orient und Okzident verbindenden Kulturzustande der alexandrinischen Welt sich erklärt. Ein ähnlicher literarischer Niederschlag wie die alchemistischen Schriften sind die astrologischen Schriften des Petosiris und Nechepso[2]) und die Hermetischen Schriften, die in ihren Anfängen, wie die neueren Forschungen gezeigt haben, in die vorchristl. Zeit Alexandriens hinaufreichen[3]),

1) Über dieses Grundbuch der Alchemie wie über seine Ausläufer orientiert am besten Rieß in Pauly-Wissowa, *R.-Enc.* (Art. *Alchemie*) I 1342 ff. und in Hastings, *Encyclop. of Religion* V (Art. *Alchemy*) I 288. Die griechischen Texte liegen in der schlechten Rezension von Ruelle vor in Berthelots *Collection des anciens Alchimistes grecs* (Paris 1887. 1888) mit Berthelots Einleitung und einer französischen Übersetzung der Texte. Die syrisch-arabischen Texte, die ebenfalls Auszüge aus Demokrit (durch Zosimos) enthalten, in desselben *La Chimie au moyen âge* (mit franz. Übersetzung von Duval) B. II (Paris 1893). S. darüber Rieß in den *„Beiträgen dem Gedächtnis von Kahlbaum gewidmet“* (Leipzig-Wien 1909) S. 227 ff.

2) Vgl. Rieß, Philol. VI Suppl.; Usener, *Kl. Schrift.* II 254.

3) Kroll, *N. Jahrb. f. kl. Phil. und Päd.* VII 559. Reitzenstein, *Poimandres* S. 4 ff.

wie denn Zosimos, der berühmteste Alchemist der späteren Zeit (4. Jahrh. n. Chr.), in seinem dicken Buch „Imûth", das er seiner Schwester Theosebeia widmete, sich ganz mit dem Geiste und den Formen dieser Theosophie erfüllt hat.

Unter den tiefsinnigen Sprüchen, die der angebliche Demokrit aus dem Munde des alten Magiers Hosthanes vernommen haben will, ist einer der berühmtesten, der die Goldmacherliteratur bis in die Neuzeit beherrscht hat[1]):

Eine Natur freut sich der andern,
Eine Natur vergewaltigt die andre,
Eine Natur besiegt die andre.[2])

Der Zauberspruch soll die Verwandtschaft aller Stoffe zueinander und die Möglichkeit, aus dem einen durch geeignete Operationen den andern zu gewinnen, verdeutlichen. Da die Alchemie von ältester Zeit her sich mit der Verwandlung der Metalle ineinander beschäftigt und hinter das Geheimnis kommen will, aus Kupfer Silber und aus Silber Gold zu machen, so versteht man die Wichtigkeit, die jenem magischen Spruche zugemessen wird. Diese ganze Goldmacherkunst begreift sich nur, wenn man weiß, daß in Ägypten, wie überhaupt in der Antike, das Elektron, eine in der Natur häufig vorkommende hellgelbe Goldsilberlegierung, eine große Rolle spielt. Wie man nun aus diesem Elektron (ägyptisch *asem*, in der griechischen Alchemie ἄσημος) durch Abscheiden sowohl reines Silber wie reines Gold machen kann, so glaubte man überhaupt durch die Scheidekunst jedes Metall in jedes überführen zu können.

Diese aus der Technik der Metallbearbeitung geschöpften empirischen Anschauungen erhielten in Ägypten im Zeitalter der Wissenschaften ein gelehrteres Gepräge, als

1) Usener a. a. O. Kopp, *Beitr. z. Gesch. d. Chemie* I 108.

2) *Vors.* 55 B 300, 17 (II³ 131, 6) ἡ φύσις τῇ φύσει τέρπεται καὶ ἡ φύσις τὴν φύσιν κρατεῖ καὶ ἡ φύσις τὴν φύσιν νικᾷ.

die griechische Philosophie im 3. Jahrh. dort einströmte. Die Einheit der Materie, die ein Grundsatz der alten ionischen Naturphilosophie von Thales an war, die Überzeugung, daß alle Stoffe nur Modifikationen des einen Urstoffes seien, die ineinander übergehen könnten, vom Feuer zur Luft, von der Luft zum Wasser, von dem Wasser zur Erde und umgekehrt, ist der ganzen antiken Physik mit wenigen Ausnahmen eigentümlich. Selbst Platon und Aristoteles, die der Empedokleischen Lehre von den vier festen Elementen sich anschließen, lassen Übergänge dieser Aggregatzustände ineinander zu.[1]) Aber das Hauptsymbol der späteren Alchemie ist doch das Eleatische *Ἓν καὶ πᾶν*, wie es Olympiodoros in seinem Kommentar zu Zosimos verkündet: „Chymes[2]) schloß sich an Parmenides an, wenn er sagte: Eins ist das All, durch das Eins existiert das All. Denn hielte das Eins nicht das All, so wäre das All nichts."



Abb. 48.

Daher figuriert in dem alchemistischen Corpus dieses *Ἓν τὸ πᾶν* eingeschlossen in die ägyptische Schlange, die sich in den Schwanz beißt[3]), als das Urmysterium (Abb. 48).

Bis vor kurzem hat man dieser Alleinsspekulation wenig positiven Wert zugesprochen. Wenn irgend etwas in der modernen Chemie feststand, so war es der Satz, daß die Elemente, deren man gegen 70 allmählich festgestellt hatte, nicht ineinander übergehen können, sondern unter allen Umständen ihre Konstanz behalten. Allein die neuesten Erfahrungen mit dem Elemente Radium, das sich bei

1) Prantl, *Deutsche Vierteljahresschrift* (Stuttg. 1856) 135ff. v. Lippmann, *Abh. u. Vortr.* I 107; II 55. 140.

2) Der Heros Eponymos der Chemie, den Zosimos (s. oben S. 109 Anm. 1) aufgestellt hatte.

3) Paris. 2327 f. 196r (Berthelot, *Alchim.* 21, 21) *τοῦτο γάρ ἐστιν τὸ μυστήριον ὁ οὐροβόρος δράκων.*

der Emanation allmählich in das Element Helium zu verwandeln scheint, deuten auf eine Zerfallsmöglichkeit gewisser Elemente, an die man früher nicht denken konnte. Der gleiche Stoff Radium hat noch eine Reihe anderer fester Umwandlungsprodukte (Radium A bis F), und man meint, daß das letzte Umwandlungsprodukt mit dem Elemente Blei identisch sein müsse.[1]) Diese Untersuchungen sind noch zu neu, um als sichere Grundlage der Wissenschaft betrachtet werden zu können. Aber sie lassen doch die monistischen Träume der alten Chemiker in milderem Lichte erscheinen. Die Operationen freilich, welche die Schriften des griechischen Chemikercorpus in größtenteils unverständlichem und unverständigem Schwulst vorschreiben, um die Ursubstanz, das heilige Wasser (*θεῖον ὕδωρ*)[2]) oder den Stein der Weisen (*λίθος τῆς φιλοσοφίας*) zu bereiten, haben keinen technischen Wert. Es sind meist hirnverbrannte Spekulationen betrogener Betrüger, denen keine wirklichen Erfahrungen zugrunde liegen.

Anders liegt es mit einer Reihe von technischen Rezeptbüchern, welche zwar auch aus derselben Urquelle wie jenes Corpus gespeist sind und den Pseudodemokrit sowie andere verwandte vorchristliche Schriften zitieren, die aber den theosophischen und mirakulösen Dunst beiseite lassen[3]) und fast nur technisch Brauchbares oder wenigstens scheinbar Brauchbares exzerpieren. Dergleichen Re-

1) Vgl. darüber z. B. Weinstein, *Die Grundgesetze der Natur* (Leipzig 1911) S. 44.

2) Das wegen des Gleichklangs mit *θεῖον* (Schwefel) auch mit gewissen flüssigen Schwefelverbindungen identifiziert wird.

3) Man darf daraus nicht schließen, daß den Urquellen jegliche Mystik gefehlt habe. Denn auch die mittelalterlichen Auszüge, welche doch die Mystik der byzantinischen Alchemie zur Voraussetzung haben, ignorieren dieses Element fast vollständig (*Compositiones* saec. VIII, *Mappae clavicula* s. X—XII, *Marcus Graecus* s. XII usw.).

zeptbücher haben sich aus dem 3. Jahrh. n. Chr. in zwei Exemplaren erhalten, welche vor 90 Jahren in Ägypten beim Aufdecken eines thebanischen Grabes gefunden worden sind, das einst offenbar die Leiche eines großen Freundes der Zauberliteratur und der okkulten Wissenschaften in sich geschlossen hat. Mit einigen magischen Rollen, die Zauberbeschwörungen enthalten, sind nämlich zwei chemische Codices zusammen gefunden worden, die wie die sonstigen dort entdeckten Papyri aus dem 3. nachchr. Jahrh. stammen. Am Ende dieses Jahrhunderts hatte Diokletian, der eben erst einen blutigen Aufstand der Ägypter hatte niederschlagen müssen (297), die alten Goldmacherbücher verbrennen lassen, um den dortigen Bewohnern die Mittel zu nehmen, sich durch Anwendung dieser geheimen Künste Geld zu verschaffen. Zu diesen verrufenen Büchern gehören nun die beiden chemischen Codices, die vielleicht der Besitzer, um seinen Erben Ungelegenheiten zu ersparen, sich hatte mit in sein Grab legen lassen. So ist denn dieser ganze Schatz okkulter Weisheit im Wüstensand über 15 Jahrhunderte verborgen geblieben, bis er vor 80 Jahren seine Auferstehung feiern durfte. Freilich die beiden Codices, die wundervoll kalligraphisch, aber schauderhaft unorthographisch geschrieben und völlig unversehrt erhalten sind, haben lange Zeit warten müssen, bis sie der gelehrten Welt zugänglich gemacht wurden. Der eine Codex, der mit anderen Stükken jenes Fundes nach Leiden kam, ist erst im Jahre 1885 veröffentlicht worden. Er führt die Bezeichnung *Papyrus Leidensis* X[1]). Der zweite Codex, der *Papyrus Holmiensis*, hat noch wunderlichere Schicksale nach seiner Auf-

1) *Papyri graeci Musei Lugduni-Batavi* ed. C. Leemanns, t. II, Leid. 1885. Vgl. Berthelot, *Alchim. gr. (Introd.)* p. 19 ff., gibt eine franz. Übersetzung.

findung durchgemacht. Denn nachdem der norwegisch-schwedische Vizekonsul Anastasy ihn um 1828 in Ägypten erworben und der schwedischen Akademie in Stockholm geschenkt hatte, verfiel er dort wieder dem Todesschlafe, aus dem ihn vor einigen Jahren, nachdem er nach Upsala überführt worden war, ein schwedischer Philologe zum wirklichen Leben erweckt hat.[1]) Die beiden Zwillingshandschriften ergänzen sich nun gegenseitig in der erwünschtesten Weise. Der Leidener Papyrus enthüllt uns die Geheimnisse der ägyptischen Metallfälschung und Purpurfärberei, der Stockholmer Papyrus dagegen ließ zwar den Anfang über die Goldlegierungen vermissen, dagegen steht zwischen den Silberrezepten und dem sehr ausführlichen Abschnitt über die Purpurfärberei das schon längst vermißte Kapitel über Perlen und Edelsteine.

Man wird schon hieraus ersehen, daß diese beiden, auf denselben Redaktor zurückgehenden Auszüge den Inhalt des alten Demokritbuches reproduzieren, das in seinen vier Büchern über Gold, Silber, Edelsteine und Perlen[2]), zuletzt über Purpur handelte. Aber wie die späteren Alchemisten in mannigfachen Auszügen und Bearbeitungen das alte Gut des Demokritbuches umgemodelt haben, so findet sich auch schon in diesen beiden Papyri, welche die ältesten im chemischen Corpus uns erhaltenen Schriften um mindestens ein Jahrhundert übertreffen, das demokritische Gut mannigfach vermittelt und zerstückelt vor. Auch die beiden so

1) *Papyrus Holmiensis, Rezepte für Silber, Steine und Purpur*, bearbeitet von Otto Lagercrantz, Upsala (Universitätsschrift) 1913. Vgl. meine Anzeige in der *Deutsch. Literaturz.* 1913 Sp. 901 ff., der ich im folgenden einiges entnehme. Einen wertvollen sachlichen Kommentar zu dieser Publikation bietet v. Lippmann in der *Chemiker-Zeitung* 1913 n. 93. 96. 100. 101. Auch dieser ist im folgenden dankbar benutzt.

2) Die Perlen rechnet bereits Theophrast zu den Edelsteinen, Fr. de lapid. 36.

[illegible]

[illegible] Silber zur Herstellung der Legierungen verwandt. So gelingt die Herstellung [illegible] silberglänzenden Elektrums und eine [illegible] über die Herstellung der Produkte getäuscht werden.[2]

[illegible] Metallgemische wird ein außer-[illegible] wie denn diese mit allen Vor-[illegible] zusammenhängende Anschauung durch die ganze [illegible] Literatur hindurchgeht.[3] So wird Kupfer durch [illegible] zu Silber, durch [illegible] zu Gold gemacht. Gewandt wird das Kupfer durch [illegible] „goldglänzend" (χρυσο-

1) [illegible] Herm. [illegible] den ägyptischen ἄσημος des Leid. ge-[illegible]

2) [illegible] Herm. [illegible] Lagercr. καὶ γίνεται ἄργυρος ὁ πρῶτος, [illegible] ἐξ οἰκονομίας τοιᾶσδε συνέστη.

3) [illegible] Zusammenhang mit Aristotelischen Vorstellungen s. [illegible] Lippmann, Abh. u. Vortr. II 146. Es ist verständlich, daß die antike Scheidekunst, die noch nicht über die modernen Reaktionen verfügte, bei der Prüfung der Edelmetalle (abgesehen von der uralten Probe mit dem Probierstein, ἡ βάσανος, lapis Lydius) auf die Farbenunterschiede der Legierungen angewiesen war.

φανής) aber wird es durch Feuervergoldung oder durch oberflächliche Goldfärbung auf kaltem Wege.

Neben der „probehaltigen" Vergoldung mit Quecksilber wird auch die scheinbare Vergoldung durch Firnisse empfohlen.

Ein besonderes Kapitel in diesen Rezeptbüchern wie in den späteren ähnlichen Auszügen des Mittelalters bildet die Chrysographie, d. h. die Kunst, Manuskripte mit Goldtinte zu verzieren. Auch hier steht die echte Blattgoldsuspension in Gummi- oder Eiweißlösung neben den billigen Surrogaten (Blei- und Schwefelverbindungen, Safran, Galle).

Neben der Färbung der Metalle wird auch auf die quantitative Veränderung derselben, auf die Vermehrung, genauer eingegangen. So läßt sich durch Zusatz von Kupfer mit Salzpräparaten oder Alaun eine Verdoppelung[1]), durch Zusatz von Kupfer und Zinn eine Verdreifachung erzielen.[2])

Man darf nicht denken, daß lediglich eine betrügerische Plusmacherei hierbei im Spiele war.[3]) Vielmehr durchzieht das ganze Altertum bis zu den spätesten Adepten der schwarzen Kunst die Vorstellung, daß, wie ein in die Erde gelegtes Korn hundertfältige Frucht bringe, wie ein kleines Stück Sauerteig die ganze Masse durchsäure, so bringe ein kleines Stück echtes Metall, in der richtigen Weise behandelt, eine unerschöpfliche Fülle von weiterem echtem Metall hervor. Ein altes, der Isis zuschriebenes Schriftchen sagt: „Korn bringt Korn hervor, Mensch den Menschen, so erntet Gold das Gold."[4]) Infolgedessen spricht man in

1) Holm. α 36. 2) Holm. β 15.

3) Freilich spielt auch dies mit, wie der Verf. von Pap. Leid. 12, 1 die Verdoppelung des Goldes mit den Worten einleitet: *δολοῦται χρυσὸς εἰς αὔξησιν.*

4) Berthelot, Alchim. 30, 24 *ὁ σῖτος σῖτον γεννᾷ, καὶ ἄνθρωπος ἄνθρωπον σπείρει, οὕτως καὶ ὁ χρυσὸς χρυσὸν θερίζει, τὸ ὅμοιον τὸ ὅμοιον. ἐφανερώθη νῦν δὴ τὸ μυστήριον.* Ähnlich glaubte man ja auch im Altertum, daß die Steine in den Gruben nachwüchsen. Plin. XXXVI 125.



Abb. 49. Eroten als Goldschmiede. (Erklärung S. 132.)

der chemischen Literatur vom Brotteig (*μᾶζα*), der durch Hefe aufgeht und die Masse vermehrt, im übertragenen Sinne. Die Lateiner nehmen das Wort *massa* auf, und so ist dieser alchemistische Terminus zu einem der gewöhnlichsten Ausdrücke der europäischen Sprachen geworden.[1]) In den beiden chemischen Papyri wird öfter von einer „unerschöpflichen Masse“[2]) gesprochen, welche dazu dient, aus einem Stückchen Neusilber immer neues Neusilber zu schaffen.

Die Vorschriften, die sich mit Perlen und Edelsteinen beschäftigen, beziehen sich auf deren Reinigung und Polierung, vor allem aber auf das Nachmachen dieser kostbaren Schmuckstoffe. So werden Perlen aus pulverisiertem Marienglas mit Wachs und Quecksilber(?) zu einem Teig verbunden, dieser wird mit Tragantgummi und Eiweiß in Kuhmilch durchgeknetet und in Perlen geformt, die man durchbohrt, solange sie noch feucht sind. Dann werden sie getrocknet und poliert. „Sie sind dann so gut wie die echten.“[3])

1) v. Lippert, *Vortr. u. Abh.* II 146. 117. 135.

2) *μᾶζα ἀνέκλειπτος* Leid. 7, 59. Holm. *β* 17.

3) Holm. *δ* 41 *ἔσται χειρισθεὶς ὡς δεῖ ὑπὲρ* (vulgär = *ἀντὶ*) *τῶν φυσικῶν.*



Abb. 50. Eroten als Goldschmiede. (Erklärung S. 132)

Eine große Rolle spielt die Färbung der Edelsteine (βαφή), wozu sich hauptsächlich poröse Steine eignen, wie der Tabasis genannte, „der aus Ägypten herabgebracht wird".[1]) Es handelt sich hier, wie Herr v. Lippert erkannte[2]), um die aus Kieselsäure bestehenden Knollen, die sich in den Zwischenhalmknoten des ostindischen Bambus (*Bambusa arundinacea* Willd.) abscheiden und seit alters einen indischen Exportartikel bilden. Da die indischen Waren über das Rote Meer an die ägyptischen Häfen gehen und dann auf dem Nil nach dem Delta hinab verfrachtet werden, so versteht man jetzt bei dem alexandrinischen Ursprung dieser Literatur den Ausdruck „der aus Ägypten herabgebracht wird", namentlich wenn man weiß, daß die Alexandriner ihre Stadt nicht zum eigentlichen Ägypten rechnen.[3]) Im Vordergrunde des Interesses steht unter den Edelsteinen der Smaragd, zu dessen Herstellung (ποίησις) und Färbung (βαφή) besonders Kupferverbindungen benutzt werden. Die Steine müssen vorbehandelt werden durch Einlegen in Alaun oder Essig. Ferner werden der

1) Holm. η 7 ὁ λεγόμενος τάβασις ἐκ τῆς Αἰγύπτου καταφερόμενος.

2) Anzeige der *Chemiker-Zeitung* (s. oben).

3) Cumont, Prol. z. s. Ausg. von Philo de aeternitate mundi (Berl. 1891) p. IX[4].

Rubin (καρχηδόνιος), Granat (σάρδιος), Amethyst, Beryll usw. erwähnt.

Der technisch wertvollste Bestandteil des neugefundenen chemischen Papyrus ist das Kapitel über die Farbstoffe und Färbemittel. Es werden zunächst die Zeichen guter Farbstoffe vorgeführt: Waid, Scharlach, Orseille, Krapp, Schöllkraut, Alaun, Vitriol. Der Gipfel der Färbekunst ist die Nachahmung des echten Purpurs durch billige Surrogate. Das Rezeptbuch sagt darüber wörtlich[1]):

„Halte das Rezept geheim. Denn der Purpur ist ungewöhnlich schön in der Farbe. Nimm den Schaum von Waid, wie ihn die Färber liefern (d. h. Waidindigo), und importierte Alkanna ebensoviel (der Schaum ist ja leicht an Gewicht). Reibe beides im Mörser fein durcheinander. Die Alkanna löst sich so im Waid auf und gibt ihre Kraft an ihn ab. Dann nimm Färberlack[2]) (ἄνθος τὸ ἀπὸ τῶν βαφέων) entweder von Kermes (κόκκος Scharlach), was vorzuziehen ist, oder von Körnerlack (κρίμνος) und bringe diese Körner anwärmend in den Mörser mit der Hälfte des Waidschaumes zusammen, tue die Wolle hinzu und färbe sie, ohne zu beizen. Du wirst sehen, der Purpur wird unbeschreiblich schön."

Auch an Rezepten, prachtvollen Purpur auf heißem Wege herzustellen, fehlt es nicht.[3]) Was nun die Herkunft dieser Rezepte im Pap. Holm. betrifft, so macht der Zusammensteller dieses Codex kein Hehl daraus.[4]) Gleich

1) ιξ̅ 29 (S. 28).

2) Zur Rotfärberei benutzte man verschiedene Schildläuse (Kermesschildlaus) oder durch Stiche von Schildläusen an Feigenbäumen erzeugte Lacke wie den Färberlack (*lack-dye*). Die Lackfarben zeichnen sich durch hellen Glanz aus, was den griechischen Ausdruck ἄνθος erklärt.

3) τϛ̅ 39 ff.

4) Die erste Seite des Pap. Holm., deren erste 21 Zeilen in Taf. IX beigegeben sind, lautet in Umschrift so: *A. Ἀργύρου ποίησις. Χαλ-*

Chemisches Buch des III. Jahrh. n. Chr.

Papyrus Graeca Holmiensis.
Erste Seite. Z. 1–33.

zu Anfang (s. Taf. IX) steht eine Anweisung zur Erzeugung von Neusilber. Eine zweite wird, wie üblich, mit *ἄλλο* (ein anderes) angereiht. Dieses trägt aber zu Anfang den Vermerk „auf Demokritos führt Anaxilaos auch folgendes zurück“.[1]) Das alte, der ganzen alchemistischen Literatur zugrunde liegende Material des Pseudodemokrit ist also hier wenigstens teilweise durch Anaxilaos vermittelt, den wir als einen öfter benutzten Quellenschriftsteller der großen Naturgeschichte des Plinius kennen. So führt dieser[2]) auf ihn den geschmacklosen Scherz zurück, die Gesichter der Gäste bei Symposien bleich wie Tote erscheinen zu lassen, indem man Schwefeldämpfe entwickelt. Ähnliche Juxexperimente, welche die Anwesenden als Mohren erscheinen lassen, erwähnt derselbe Plinius[3]). Auch die bei dem Kirchenvater Hippolytos aus einem magischen Zauberbuche ausgezogenen, höchst ergötzlichen Taschenspieler-

κὸν τὸν Κύπριον τὸν ἤδη εἰρκασμένον (sic) *καὶ ἔκτασιν ἔχοντα τῇ χρήσει κα[ι]τάβαψον ὄξει βαφικῷ στυπτηρίᾳ τε καὶ τρισὶν ἡμ(έραις) ἔα βρέχεσθαι. τότε δὴ χωνευετε* (d. i. *χωνεύεται*) *τῇ τοῦ χαλκοῦ μνᾷ γῆς Χείας ἁλός τε Καππάδοκος καὶ στυπτηρίας σχιστῆς ἐκ δραχμῶν ϛ̄ ἀναμείξας· ἐπείρος* (d. i. *ἐμπείρως*) *δὲ χώνευε καὶ ἔσται σπουδαῖος· πρόσβαλε δὲ ἀργύρου καλοῦ καὶ δοκίμου τοῦ ἁπλοῦ μὴ πλείω L* (d. i. *δραχμῶν*) *κ̄· ὃ διαφυλάξει τὴν σήνπασαν* (d. i. *σύμπασαν*) *μεῖξειν ἀνεξάλειπτον. Ἄλλο. Εἰς δὲ Δημόκρ⟨ι⟩τον Ἀν⟨α⟩ξίλαος ἀναφέρει καὶ τόδε· τοὺς κοινοὺς ἅλας ἅμα στυπτηρίᾳ τῇ σχιστῇ λιήνας εὖ μάλα σὺν ὄξει καὶ ἀναπλάσας κολλούρια ταῦτ' ἐπὶ τρῖς ἡμέρας ἔψυχεν ἐν βαλανίῳ κἄπιτα λεάνας συνεχώνευε τὸν χαλκὸν ἐπὶ τρῖς καὶ ὕδατι θαλαττίῳ κατασβεννύων ἔψυχεν. ἐλέ⟨γ⟩ξει τὸ ἀποβησόμενον ἡ πεῖρα. Ἄλλο. Κασσίτηρον λευκόν τε καὶ μαλακὸν τετράκι καθήρας κἀκ τοῦδε μέρη ϛ̄ χαλκοῦ τε κ⟨αὶ κ⟩αλλατικοῦ* (d. i. *γαλατικοῦ*) *λευκοῦ μνᾶ⟨ν⟩ ᾱ συνχωνεύσας σμῆχε καὶ σκεύαζε, ὃ θέλεις, καὶ γείνεται ἄργυρος ὁ πρῶτος, ὡς καὶ τοὺς τεχνίτας λανθάνειν ὅτι ἐξ οἰ⟨κο⟩νομίας τοιᾶσδε συνέστη. Κασσιτέρου κάθαρσις. Ἡ δὲ τοῦ κασσιτέρου κάθαρσις τοῦ χωροῦντος ἐς τὴν τοῦ ἀργύρου κάθαρσιν ἥδε· κασσίτερον καθαρὸν ἔα ψυγῆναι καὶ ἀλείψας ελεω* (d. i. *ἐλαίῳ*) *τε καὶ ἀσφάλτῳ ἐκ τετάρτου χώνευε καὶ πλύνας ἀπόθου καθαρίως· πρόσβαλλε κτλ.*

1) *α* 13 (S. oben S. 124 Anm. 4). 2) 35, 175.

3) 32, 141. Auch bei Sext. Pyrrh. Hypot. I 46.

und Gaunerkniffe verraten ähnlichen Ursprung.[1]) Dieser Anaxilaos nun war im Jahre 28 v. Chr. wegen Zauberei aus Italien verbannt worden. Er setzte vermutlich die mystischen Studien des Nigidius Figulus fort, der zu Ciceros Zeit durch pythagoreische Geheimverbände, in denen astrologische und nekromantische Künste getrieben wurden, Aufsehen erregte und nicht minder durch seine ausgebreitete, aber konfuse grammatische, naturwissenschaftliche und okkultistische Schriftstellerei.[2])

Alle diese Studien zeigen im Altertum einen übereinstimmenden Zug. Sie scheuen das Tageslicht. Sie werden als Geheimlehre in bestimmten Konventikeln verbreitet. Das Volk sieht mit Scheu, ja mit Abscheu auf diese Dunkelmänner. Die Kaiser beargwöhnen und verfolgen sie. Wie ging dies zu? Wie konnte eine technische Wissenschaft, die doch auch damals bereits im Besitze wertvoller Naturerkenntnisse und kulturfördernder Fabrikationsmethoden war, sich nicht frei entfalten, sondern über tausend Jahre gleichsam im Dunkeln schleichen?

Die beiden chemischen Papyri gestatten, auch hierauf die Antwort zu geben. Ich erwähnte bereits die Notiz des Holmiensis[3]) bei Gelegenheit der Herstellung von Primaneusilber: „So entsteht ein Silber erster Güte, so daß sogar die Fachleute (*τεχνῖται*) nicht merken, daß es aus einer solchen Bearbeitung (*οἰκονομία*) hervorging.“ Ähnlich soll

1) Hippolytos, Ref. IV 28 p. 66. Ganschinietz, *Hippolytos' Capp. g. d. Magier* (Harnack-Schmidt, Texte u. Unters. XXXIX 2, 12ff.). Vgl. dazu meine Abh. *Die Entdeckung des Alkohols* (Abh. d. Berl. Ak. 1913, ph.-h. Kl. 3. 1913) S. 24ff. Diese Scherze pflanzen sich mit der übrigen magischen Rezeptliteratur in die mittelalterliche Literatur fort. S. Marcus Graecus bei Berthelot, *Chimie au m. â.* I 114.

2) Cicero, der ihm Dank schuldete, lobt ihn im Tim. 1, 1 als *acer investigator et diligens earum rerum quae a natura involutae videntur.*

3) Holm. α 25 = Leid. S. 6, 40.

eine Imitation von Beryll hergestellt werden, die „sogar die Fachleute nicht merken“.[1]) Diese Absicht, nicht bloß das Publikum, sondern selbst die Sachverständigen hinter das Licht zu führen, indem man wertlose Legierungen für echtes Edelmetall ausgibt, führt sogar zu einem merkwürdigen Terminus technicus, der sich wie die „Masse“ auf das Mittelalter und die Neuzeit vererbt hat. Man nennt bekanntlich heute in der bergmännischen Terminologie „Blenden“ gewisse Schwefelmetalle von nicht- oder nur halbmetallischem Habitus, die über den Erzgehalt blenden oder täuschen, weil entweder gar kein oder nur ein mit anderen Substanzen gemischtes Erz darin enthalten ist.[2]) So drückt sich nun auch jener Verfasser des Stockholmer Papyrus aus, wenn er am Schluß seines Rezeptes zur Herstellung einer Silberimitation folgendes sagt: „Und wenn du das Metall aus dem Tiegel nimmst, so bekommst du eine Blende (*ἀμαύρωσιν*, wörtlich *eine Blendung der Augen*), die durch die Mischung der zusammengewogenen Bestandteile (nämlich Silber, Kupfer, Quecksilber) allein das echte Aussehen des natürlichen Silbers zeigt.“[3])

Für wen sind also diese Rezeptbücher bestimmt gewesen? Für die Handwerker (*τεχνῖται*) sicher nicht, noch weniger für das Publikum. So bleibt nichts übrig, als den Verfasser wie den Besitzer dieser mit der Zauberliteratur zusammen gefundenen chemischen Bibliothek in den Kreisen zu suchen, die in Ägypten von jeher das Privileg der Edelmetallindustrie ausgeübt und die Technik und die Wissenschaft in den Dienst ihres religiösen Hokuspokus gestellt haben.[4]) Das sind die Priester der dortigen Tempel, für die

1) Holm. ϑ 13.

2) Daher heißt bei uns ein Mischling auch „Blendling“, und das englische *blend* heißt einfach „mischen“.

3) Holm. β 33.

4) Wohl zu beachten ist, daß sich zusammen mit den chemischen Codices ein umfängliches Schrifttum magischen Inhaltes gefunden hat und

ein gut Teil der physikalischen Taschenspielereien erfunden worden ist, die in dem Automatenbuch und der Pneumatik des Heron beschrieben worden sind.[1]) Von den „Geheimnissen der Goldwerkstätten" berichtet uns der Tempel von Dendera und andere ägyptische Urkunden[2]); von dem wunderbaren Medikament Kyphi, das die ägyptischen Priester unter Absingung von heiligen Texten bereiten, erzählt Plutarch[3]); von dem tiefen Geheimnis, mit dem die alten Chemiker ihre Kenntnisse behüteten, das sie nur den Priestern mitteilten, spricht Zosimos.[4]) So dürfen wir also annehmen, daß solche Bücher, wie sie ein einzigartiger Zufall uns in jenem thebanischen Grabe aus dem 3. nachchr. Jahrh. erhalten hat, nur für die priesterlichen Leiter der Tempellaboratorien bestimmt waren, denen es keinen Zweck hatte, blauen Dunst vorzumachen. Wir wissen ja durch

---

daß auch im Pap. Holmiensis sich ein Blatt mit einem magischen Ritual eingesteckt gefunden hat, das zwar nicht von derselben Hand herrührt, aber vermutlich bei der Praxis im Laboratorium verwandt wurde. Denn wir wissen (S. unten Anm. 3), daß die ägyptischen Priester ihre chemischen Arbeiten unter Absingung heiliger Litaneien vollzogen. Auch in dieser Formel finden sich neben der Anrufung des Helios eine Reihe unverständlicher barbarischer Namen, was zur Zauberei von jeher gehörte.

1) S. m. Abh. über den Alkohol (s. oben) S. 26ff.

2) Vgl. a. a. O. S. 27[1].

3) de Is. et Osir. 80 p. 383 E.

4) Berthelot, *Chimie au m. â.* II 228 (aus dem syrischen Text) *Je pense que les anciens, par suite de leur esprit de jalousie, n'écrivirent pas ces choses, mais ils les firent connaître en secret aux prêtres seuls.* Ebenda 245 *ceux qui préparent le mercure doré sont les fabricants de lames d'or pour les temples et les statues de rois; mais ils cachent, eux surtout, leur art et ne le livrent à personne. Les fabricants de l'or et ceux qui travaillent finement le mercure, agissent comme s'il n'était pas naturel.* Über die Vorsteher dieser Staatslaboratorien sagt der griechische Zosimos (Berthelot, Alchim. 240, 5) *εἶχον δὲ καὶ ἰδίους ἄρχοντας ἐπικειμένους καὶ πολλὴ τυραννὶς ἦν τῆς ἑψήσεως οὐ μόνον αὐτῆς, ἀλλὰ καὶ τῶν χρυσωρύχων· εἰ γάρ τις εὑρίσκεται ὀρύσσων, νόμος ἦν Αἰγυπτίοις μὴ ⟨ἂν⟩εγγράφως αὐτὰ ἐπιδιδόναι.* Über das Monopol der *χρυσοχοϊκή* vgl. Mitteis-Wilcken, *Grundz. u. Chrestom. der Papyruskunde* I 1, 256; 2, 375 n. 318.

Heron, Hippolytos und Lukian (in seiner Enthüllung über den Propheten Alexander von Abonuteichos 105—171 n. Chr.), daß einzelne dieser Geheimschriften doch in das Publikum drangen, wie ja auch Plinius den Anaxilaos und Pseudodemokrit und andere okkulte Literatur ausgiebig benutzt hat. So stammt aus Plinius eine merkwürdige Mitteilung über die Herstellung von Niellovasen, die das schwarze Bild des Gottes Anubis auf silbernem (oder goldenem) Grunde zeigen.[1]) Diese Technik beruht auf der Herstellung von Schwefelverbindungen, und die Anweisung dazu hat sich aus den hellenistischen Rezeptbüchern (nicht durch Plinius) wie die meisten dieser Vorschriften auf einem gleichsam unterirdischen Wege ins Mittelalter gerettet. So findet sich das Geheimnis dieser Niellotechnik sowohl im syrischen Zosimos[2]) wie in dem Malerbüchlein, das den Namen *Mappae clavicula* trägt[3]) und eine lateinische Übertragung eines griechischen Textes enthält, der schon vor der Zeit Karls d. Gr. nach Gallien gekommen und dort übersetzt worden ist. Diese lateinischen Rezepte stimmen oft wörtlich mit dem chemischen Corpus und den beiden antiken chemischen Papyri überein, so daß man den Eindruck einer tausendjährigen ununterbrochenen, aber ganz im Geheimen sich vollziehenden Tradition technischer Rezepte erhält, die freilich von Anfang bis zum Ende des Mittelalters nur mit bösem Gewissen weitergegeben wird. Schon Zosimos spricht von dem Eid der Geheimhaltung, die auch der Stockholmer Papyrus und die *Mappae clavicula* anempfehlen. Hier steht der Eid sogar an der Spitze.[4]) Die beständige Anfein-

1) Plin. 33, 131. 2) Berthelot, *Ch. au m. â.* II 206 n. 13.

3) *Archaeologia* t. 32 p. 201 f. Abh. über d. Alkohol S. 28.

4) A. a. O. p. 189 *coniuro autem per magnum deum qui invenerit, nulli tradere nisi filio.* Vgl. p. 196 *absconde sanctum et nulli tradendum secretum neque alicui dederis, propheta.* Pap. Holm. ιϛ 28 *τήρει ἀπόκρυφον τὸ πρᾶγμα.*

dung, welche die der Magie verdächtigen Chemiker und Naturforscher in der Kaiserzeit wie später von der Kirche wie vom Staate zu besorgen hatten, zwang die Adepten zur äußersten Vorsicht. In der *Mappae clavicula* z. B. ist das Alkoholrezept in Chiffreschrift gegeben[1]), wie Roger Baco das Geheimnis des Schießpulvers ähnlich verbarg.[2]) Und doch ist gerade dieser naturkundige Franziskanermönch der erste gewesen, der sich mutig zu der verhaßten „Geheimwissenschaft" bekannte und nachwies, daß hier alles mit natürlichen Dingen zugehe und daß der Begriff der Magie ein törichtes Hirngespinst sei. Der *doctor mirabilis* hat für seine kühnen Angriffe gegen mittelalterliche Ignoranz und klösterlichen Irrwahn und gegen die Hand in Hand damit gehende sittliche Verwilderung des Mönchtums zehn Jahre im Kerker schmachten müssen. Aber der Bann war gebrochen. Er verkündet große Entdeckungen, die damals noch in der Zeiten Schoße schlummerten, und bald fanden sich überall erleuchtete Männer innerhalb und außerhalb des Klerus, welche die Natur dem Menschen nicht als seine Feindin, sondern als Freundin und Helferin zeigten. Der Geist des Weines wird nun um die Wende des 13. und 14. Jahrh. nach einem wahrscheinlich antiken Rezepte[3]) in größerem Maßstabe entbunden und in den Dienst der Menschheit zu beliebigem, nützlichem oder schädlichem Gebrauche gestellt. Die explosive Kraft der lange bekannten Pulvermischung ward jetzt allgemein offen benutzt zum Angriff oder zur Abwehr. Die Menschheit fühlte sich nunmehr von den

---

1) S. Abh. über den Alkohol S. 17. 2) S. oben S. 100 Anm. 2.

3) Vgl. Abh. über den Alkohol. Die gegen das Alter der Alkoholgewinnung von Prof. v. Lippmann in der Chemiker-Zeitung 1913 n. 129. 132. 133. 138. 139 vorgebrachten Instanzen sind sehr beachtenswert, erschüttern aber meine Grundansicht, die auf dem Quellenverhältnis der Rezepte beruht, nicht. Über Thaddäus Florentinus, den ältesten Herold des Alkohols, vgl. Lippmann, *Archiv f. Gesch. d. Med.* VII (1914) 379.

Banden einer bornierten Bevormundung befreit und nahm die Entscheidung über Gut oder Böse selbst in die Hand. Die Autonomie der Sittlichkeit, die so lange geknechtet war, konnte sich wieder wie einst in dem hellenischen Frühling freier regen. Die technischen Kenntnisse, die bisher nur zum Betrug oder zum Scherze benutzt wurden, befruchteten jetzt mehr und mehr die ganze menschliche Kultur, und nachdem die Chemie am Ende des 18. Jahrh. durch Lavoisier zum Range einer Wissenchaft erhoben war[1]), ist sie es, die nunmehr in der neuesten Zeit die Führung der Naturwissenschaften übernommen und die einzige Verbindung von Technik und Wissenchaft, die für unser Zeitalter kennzeichnend ist, herbeigeführt hat.

1) Kahlbaum-Hoffmann, *Die Anfänge der Chemie* in *Beitr. zur Gesch. d. Chemie, dem Gedächtnis von Kahlbaum gew.* (Leipzig-Wien 1909) S. 98.

Erklärung der Abbildungen 49 und 50 S. 122 und 123.

Eroten als Goldschmiede.

Eine der reizenden, impressionistisch gemalten Amorettenscenen aus dem Hause der Vettier in Pompeji. Mau, *Pompeji*[2] 353 beschreibt den hier in zwei Teile zerlegten Fries folgendermaßen:

„Rechts der mit dem Kopf des Hephästus geschmückte Glühofen, an dem einer mit dem Lötrohr arbeitet. Hinter dem Ofen poliert einer eine große goldene oder vergoldete Schüssel: er arbeitet mit der Rechten, während die Linke mittels eines stabartigen Gerätes die Schüssel fest an ihrem Platze hält. Er muß mit Anstrengung, aber doch mit Vorsicht arbeiten. So dient der aufrecht und unbewegt stehende Körper nur als Widerlager für die starke Anspannung der Armmuskeln.

Weiter links hämmert einer auf einem kleinen Amboß. Auch hier ist die Zartheit und Vorsicht der Arbeit trefflich zur Anschauung gebracht.

Dann der Verkaufstisch, auf dem ein kleines Möbel in drei offenstehenden Schubladen Goldschmuck erkennen läßt. An einer Stange hängen zwei Wagen.

Weiter Verkäufer und Käuferin. Das Schmuckstück wird gewogen. Beide machen mit der geöffneten linken Hand einen Gestus, der die Aufmerksamkeit auf den Stand der Wage ausdrücken soll: die Wage steht.

Endlich zwei Arbeiter am Amboß: vorzüglich naturwahr ist die Bewegung des einen, der das Metall auf den Amboß haltend möglichst weit entfernt steht, damit ihn die abspringenden Funken nicht treffen."

REGISTER

A.

Abdaraxos, Mechaniker aus Alexandria 26[3]
Abzug 89
Achsen der Türe, des Wagens 37
Ägäisches Meer 69
Ägypten 36. 48. 69. 123; Schlüssel 46; Plastik 14[4]
Ägypter 118
Aeneas Tacticus 22. 24. 25[1]. 66 ff. 73 ff.
Äolipile 51
Aërotonon 95
Äschylus Agam. 280ff.: 71
Agatharchides 110[1]
Agrimensoren 13
Ajax 56 ff.
Aigiplankton 72
Alaun 121. 123. 124
Alchemie 108 ff. 113. 115
Alexander aus Abonuteichos 129
— der Große 26[3]. 27
Alexandria 13. 23. 26[3]; nicht zu Ägypten gerechnet 123[3]; Ingenieurkunst 16. 24; alexandrinische Zeit 26
Alkanna 124
Alkmaion v. Kroton 21
Alkohol 96. 130
Alphabet, griechisches 74 f.
Alphabetischer Telegraph 74 f.
ἀμαύρωσις = Blende 127
Amerika 35
Amethyst 124
Ammianus Marcellinus 90
Amoretten als Goldschmiede 132
Anastasy 119
Anaxagoras 23
Anaxilaos 125 f.
Anaximander 6. 10 ff. 129
Andronikos Kyrrhestes 26
Anonymus *De rebus bellicis* 60[1]. 95
Anthemios 31[1]
ἄνθος τὸ ἀπὸ τῶν βαφέων (Färberlack) 124
Antikythera 24[4]
Anubisvasen 129
ἄπειρον Anaximanders 11
Aphaiatempel 7
Apollonia am Pontos 10
Apollonios aus Perge 30
ἀπουσία technisch 110[1]
Araber 69. 100; Fälschungen 104
Arachnaion 72
Archilochos 65
Archimedes 21. 28 ff. 75[1] (g. Ende). 86[5]. 101. 102. 104 f.
Architekten 13 f.
Archytas v. Tarent 18. 21. 25[1]. 28. 29[2]
Arcitronito des Archimedes 102
Arcuballista 86[5]
Arenarius des Archimedes 29
Ariosto 106 f.
Aristophanes Thesm. 421: 46; Vög. 992: 14.
Aristoteles 23. 25[2]. 104. 120
Aristoxenos 18[2]. 20. 25
Armbrust 19. 86
Arsen 120
Artemision 70
Artemistempel in Lusoi 39
Artemon aus Klazomenai 17[3]
Artillerie 17 ff. 83 ff.; Etymologie 85[3]
Arzt als Handwerker 22
Asasêl 112. 114
asem (= Elektron) 115. 120
Astrolab 24
Astronomie 24
Athen 23; Turm d. Winde 26; Nationalmuseum 24
Athenaeus Deipnos. 174 C: 25; Mechan. p. 10, 10 W.: 27[3]
Athene 56 f.
Athos 71 f.
Automaten 54 ff.
Automatentheater 56
ἄξων (Homer, Hesiod, Solon) 37

B.

Babylon 69[3]; Astronomie 3 f.
Bacchusfest 56
Baco, Roger 130; *De secretis operibus* 96 ff. 99
Badeofen 53[2]

Heronsball 51
Herophilos, Arzt 24. 77
Hesiodos 3. 37
Hexagramm der Tempel 7
Hieron von Syrakus 28[1]; Krone 30; Schiff 29
Himilko 17
Himmelskarte des Anaximander 10
Himmelskunde des Anaximander 10 ff.; des Pythagoras 12
ἱππάφεσις in Olympia 26[3]
Hipparchos, Astronom 24
Hippodamos aus Milet 13 ff.
Hippokrates De prisca medicina 22
Hippokratische Kliniken 22
Hippokratische Schrift De hebdomadibus 22
HippokratischesCorpus22
Hippolytos Ref. 129; IV 28: 125 f.
Hodometer 57 ff.
Holmiensis papyrus 118 ff.
Homburg, Saalburgmuseum 84
Homer 2 ff.; Ilias 4, 105: 86; 6, 155: 64; 14, 165 ff.: 48; 18, 211: 69[1]; Odyssee 1, 436 ff.: 36 ff.; 8, 438 ff.: 45; 21, 5 ff.: 41 ff.
Homerische Türe 36
ὥρα (Stunde) 25[1]
Horatius Od. I 28: 28
ὡρολόγιον νυκτερινόν Platons 25
horror vacui Stratons 24
Hosthanes (Osthanes) 113. 115
ὕδωρ θεῖον 117
Hydraulik 25[1]
Hygiene 13

I. (J.)

Jacobi (Homburg) 46[2]
Jäger 86[5]
Jahreslänge, Beobachtung d. Archimedes 28
Iamblichos Vit. Pyth. 267: 20[2]
Ida 5. 71 f.
ἰητρεῖα der Hippokratiker 22
ignis volabilis 98
Ikaros 36
Ingenieur 86; Etymologie 85[3]
ingenium=Maschine 85[3]. 96[3]
Intervalle, musikalische 12
Iobates 64
Ionien 3 ff.
Irradiation 80
Irrationelle, das 12 ff.
Isis 121
Italien 17
Italische Schule (Pythagoras) 12; Stadtpläne 13
Ithaka 65
Julius Africanus *Κεστοί* c. 77: 80

K.

Kalender 5
Kaliber 16
Kallinikos aus Heliopolis 97
κανών 14
Kanone 100; hölzerne 101[2]
Kaphereus 56
Karthager 76
καρχηδόνιος 124
καταπέλται 89
Katapulte 19. 20[1]. 21[2]. 85 ff. 89 ff.
Kegelschnitte 30
Keilspanner 93
Kepler 107
Kermes (*κόκκος*) 124
Kinderklapper d. Archytas 18
Kirke 45
Kithairon 72
κλειδία κρυπτά 48
κλῃὶς κρυπτή 48 (Schlüsselbein) 41
Kleostratos 4 f.
Kleoxenos 77 ff.
Klepsydra 25. 76[1] f.
κνώδαξ 38[1]
Knoten (Türverschluß) 45
Köchly 83
Körnerlack 124
κόκκος 124
Kopernikus 107
κόραξ (Mauerbrecher) 27[3]
Kossyra 76
Kran des Archimedes 31
Krankheit (Alkmaion) 21
Krapp 124
Kriegsmaschinen 26 ff.
Kriegsschriftsteller 15 ff.
κρίμνος 124
κριὸς ὑπότροχος 27[3]
Kroisos 4
Ktesibios 24. 51. 59. 75[1]. 95
Kugeln der antiken Geschütze 85
Kuhmilch 122
Kunst = Maschine 85[3]
Kunstschloß 46 ff.
Kupfer 120. 121. 127; Verbindungen 123
Kyphi 128
κύρβεις Solons 37[3]

L.

Laboratorien, ägyptische 128
Labyrinth 36
Lackfarben 124
Lager, römisches 13
Lakonischer Schlüssel 46. 48
Laterculi Alexandrini 26
Lavoisier 131
Leiden, Papyrus chemica 118
Lemnos 71 f.
Leo der Taktiker 98
Leonardo da Vinci 14. 61. 96. 102 ff.
Le Puy, Relief 86
Leuchttürme 69
λεύκωσις 110. 120
λίθος τῆς φιλοσοφίας 117
Lineal 13 f.
Log der Schiffe 60
Logos Heraklits 12
Luftgewehre 95
Luftpumpe 95
Luftspanner 95
Lukian, Alexandros 129
Lusoi, Artemistempel 39
Lydius lapis 120[3]
λυσιπόλεμος (Kriegsmaschine) 26[3]
Lysippos 15

M.

Madfaa der Araber 98[1]
Magische Schriften 127[4]
Mandrokles aus Samos 6
manuballista 86[5]
Mappae clavicula 129
Mariano, Jacopo 104[2]
Marcellus 30. 101[2]
Marcus Graecus 97 ff.
Mardonios 69
Marienglas 122
Marzabotto 13[2]
Maschinen, chirurgische 22; Kriegsm. 17[3]; soziale Bedeutung 35
massa (μᾶζα) 122
Mathematik mechanisiert 18; Pythagoreer 12
Mauernbohrer 27[3]
Mechanik d. Archytas 18; der Ärzte 24; der alex. Astronomen 24; des Archimedes 29
Medizin als Technik 22
Megara 9
Mehrlader 93
Messing 120
Metallfälschung 119 ff.
Metallfedern 93 f.
Meton 4 f. 14
μέτρον bei Heraklit 12
Milet 3 ff. 5. 10
Miliarium (Badeofen) 53[2]
Mitrailleuse, antike 16. 93
Modul 14[4]. 16
Motye, Belagerung 17
Musik, Intervalle 12. 21
Mutina 69
Mykene 72; Paläste 36; Kultur 2. 36

N.

Nachtuhr Platons 25
Naphtha 98[2]
Napoleon III. 83
Naturwissenschaft, griechische 3
Nauplios 56. 69
Nechepso 114
Nervenbündel 91
Neusilber 122 ff.
Niello 129
Nigidius Figulus 126
Noah 68
Nostoi, hom. Epos 69
Numantia 85
νυκτερινὸν ὡρολόγιον 25

O.

ὀχεύς (Riegel) 41 ff. 44 ff.
Okkultismus 126
Oktaëteris 4
Olympia 68; Rennbahn 26[3]
Olympiodoros 116
Onager 89
ὀργανική (Geschützbau) 29[2]
Orientierung der Straßen 13
Orseille 124
Osthanes (Hosthanes) 113
Ostwald, W. 10

P.

Pädagogik, eine Kunst 32 f.
παιδεία βάναυσος 33
Palamedes 56. 69
Palintonon 20[1]. 89. 91 ff.
Pandaros 86
Papyri chemicae 118 ff.
παράπηγμα (Steckkalender) 5
Parfümspritze 51
Parmenides 37 ff. 48[2]. 116
Penteren 17
Pergamon, Altar 85
Perikles 13
περιρραντήριον 61
Perlen 119 ff. 122
περόνη 38[1]
Perser 71
Peritreton (Stranghalter der Katapulten) 92[1]
Petosiris 114
Petrarca 101 ff.
Pfeile 16. 19. 85
Pfeilgeschütze 89

Pfeilspitzen 85
Pheidias, Vater des Archimedes 28
Pherekrates d. Komiker 68
Philipp v. Makedonien 27
Philistos 17
Philolaos 20 f.
Philon Mech. 15 f. 20. 24. 83. 92. 93. 95
Philumenos 53[2] (54)
Phönikische Schrift 64
— Geheimschrift 68
Physiologie des Erasistratos 24
Piräus 13
Planetarium des Archimedes 29
Plastik u. Mathematik 14
Platon der Erzieher 33; Erfinder der Nachtuhr 25; gegen Mechanisierung der Mathematik 29[2]; Gesetze 14[2]
Plinius N. H. 32, 141: 125; 33, 131: 129; 35, 175: 125[2]
— Quellen 129
Plutarch de Is. et Os. 80: 128; Perikl. 27: 17[3]; Marc. 14: 29[2]
Pneumatik 25
Poliorketiker 83. 85 ff.
Politiko (Cypern) 47
Polyainos 6, 16: 76
Polybios 10, 44: 73 ff.; 10, 45: 77
Polybolon 16. 93
Polyeidos 26[3]. 27
Polykleitos von Argos 14 f.
Polykrates von Samos 7 ff. 48
Pompeji 13. 132; Schlüssel 49
Poseidonios 107
Priene 13
Priester, ägyptische 61. 127
Priesterinnen (Tempelschlüssel) 39 f.
Probierstein 120[3]
Proitos 64
Proportion 11. 12. 15 f. 21
Pulver 100 ff. 130
Punktiersystem 68
Purpurfärberei 119
Purpursurrogate 124
πῦρ ὑγρόν, Ῥωμαικόν, θαλάσσιον, σκευαστόν = griechisches Feuer 98[2]
πύργος φορητός (Diades) 27[3]
πυρσοί 69[1]
Pythagoras 6. 10. 12. 13[2]. 23
Pythagoreer, Katalog 20; Somnia Pythagorea 107; Sekte 18 ff. 20; Mathematik 21[2]

Q.

Quadratur des Zirkels 13
Quecksilber 120. 122. 127; Quecksilbervergoldung 121

R.

Radium 117
Rakete 98; Raketenmaschine 105
ratio 12 ff.
Rationalismus 12 ff. 14. 22
Reffye, de, General 84
Regelmäßigkeit, mathematische 11. 13
Rhodos 13. 26[3]
Rhoikos v. Samos 7. 14[4]
Riegel d. Türe 41 ff. 44 ff.
Riemen beim Türverschluß 39
Riesenschleuder 89
Römer 69. 95
Roland bei Ariost 106
Rubin 124
Rüstow 83

S.

Saalburg 19. 46[2]. 84. 92[1]
Saffran 121
Salamis, Schlacht 69
Salpeter 98[2]. 100
Samos 6 ff.; Heratempel 7; Belagerung 17[3]
σάρδιος 124
Sarosformel 3[1]
Scharlach 124
Schattenlänge als Zeitmesser 25
Schießpulver 96 ff. 130
Schiff des Hieron 29
Schiffe mit Maschinenantrieb 96; Wegmesser 60; Schiffsbaukunst 17
Schiffsbrücken 4 ff.
Schillers „Künstler" 12
Schliemann 36
Schloß, antike Verschlußeinrichtungen 34 ff.
Schlüssel 39 ff.
Schlüsselbein 41
Schmidt, Wilh. 50[3]
Schneider, Rud. 84
Schöllkraut 124
Schönheit, Definition 11
Schokoladeautomat 61
Schramm, Dr., Generalmajor 19. 84. 92[1]. 93 ff.
Schraube, Archimedische 29
Schreibtafel 64
Schrift, Erfindung 64; phönikische 64
Schutzdächer 17[3]
Schwarz, Berthold 101

Schwarze Kunst 121
Schwefeldämpfe 125; Schwefelmetalle 127; Schwefelverbindungen 129
Scipio, P. Cornelius Africanus minor 85
— P. Cornelius Nasica Corculum 26
scorpio 86[5]
Sehnen 89 ff.
Seilenos 86[5]
Selbstfahrer 96
Siebenzahl 22. 26
Signalapparat, optischer 82
Signaltelegraph 78
Silber 120. 127; Silberrezepte 119 ff.
Siphon 51: Leons 98
Sizilien 17. 68. 76; Sizilische Ärzteschule 22
Skiathos 70
Sklaverei 35
σκορπίδιον 86[5]
Skytale 65
Skythischer Bogen 20[1]
Smaragd 123
Sömmering 81
Solons ἄξονες 37
Sonnenfinsternis des Thales 3[1]
Sonnenuhr 26
Sophistik, Technik der Erziehung 33
Spannerven der Geschütze 16. 21[2]. 89
Spannung des Bogens 19; der Geschütze 21[2]
Sparta 65
Sphären Anaximanders 11
Spinnenberg 71 f.
Spirale (Archimedes) 30
Spondeion 61[2]
Staatslaboratorien 128
Staatsverfassung des Hippodamos 14
Stangenbüchse 101
Steckkalender 5
Stein der Weisen 117
Steinheil 81
Steinkugel 16. 85. 89
Stockholm, Papyrus chemica 119 ff.
Straßen, Rechtwinkligkeit 13
Straton (Peripatetiker) 23
Styppax (Ingenieur) 26[3]
Symmetrie 11. 12. 14 ff. 21
Syrakus 17. 86; Belagerung 28. 30. 101[2]. 104; Syrakusanische Münzen 18

T.

Tabasisstein 123
Tanagräerin (Taf. VIII) 65
Tarent (Archytas) 18
Taschenspielerkunststücke 125 f. 128
Taschenwasseruhr 24. 77
Taube, Briefpost 68 f.
—, fliegende d. Archytas 18. 25[1]
Taucheranzüge 96
Taurosthenes aus Ägina 68
Taxameter 57 ff. 61
τέχνη 22
Technik, soziale Grundlage im Altertum 34 f.
Techniten 127; verachtet 27 ff.
Telegraphie, antike 64 ff.; elektrische 81
Telekles von Samos 14[4]
Telemachos 36
Tempel, Symmetrie 7 ff.; Laboratorien 128; Tempelschlüssel 39
Tenedos 4. 5
terebra (τρύπανον) des Diades 27[3]
Testament, altes: Genes. c. 6: 111; Chron. II 26, 15: 85
Tetraktys 22
τετράκυκλος (Kriegsmaschine) 26[3]
Tetreren 17
Thaddaeus Florentinus 130[3]
θαιρός 37[4]
Thales 3 ff. 5. 6 (unten)
Theagenes v. Megara 9
θεῖον ὕδωρ 117[2]
Theodoros von Samos 7. 14[4]. 48[3].
Theophrast 119
Thera (Schloß) 46[2]; (Thesauros) 61[2]
Thesauros (Opferkasten) 61[2]
Theseion in Athen 7
Thurioi 13
Tiersehne 19. 94
Timaios 17[2]
Tonsystem 21
Torsionsgeschütze 102
Tragantgummi 122
Trajanssäule 85
Trieren 17
τρύπανον d. Diades (*terebra*) 27[3]
Türen, antike 34 ff.
Türschuh 37 f.
Tunnel in Samos 7 ff.
Turm d. Winde, Athen 26
Tyros, Belagerung 26[3]. 27

U.

Uhrwerke, antike 25 ff.; Nachtuhr Platons 25[1]; Wächteruhr des Aeneas 10[2]

25[1]; Taschenwasseruhr d. Herophilos 24
Unendliche, das, Anaximanders 11
Upsala 119
Urdonnerer des Archimedes 102
Uriasbrief 64
Usia, König 85

V.

Varro 26[1]
Vegelin von Clärberg 80
Vegetius d. r. mil. II 15: 86[6]; III 5: 80; IV 22: 86[6]
Venedig, Chiffresystem 68
Verdoppelung der Metalle 121
Verdreifachung der Metalle 121
Verkaufsautomat 63[1]
Vermehrung der Metalle 121
Vierzahl 22
Vitriol 124
Vitruvius 20; de archit. I 1, 2: 32; I 1, 8: 21[2]; X 9, 1—7: 59f.; X 13, 3: 27[3]

W.

Wachs 122
Wächteruhr 25
Waid 124
Wagen (Achsen) 37; Wagenbau bei Hesiod 37
Walther von Milemete 98[2]
Wasser, heiliges, der Alchemisten 117
Wasserleitung in Samos 7ff.; in Megara 9
Wasserorgel 25
Wassertelegraph 73
Wasseruhr 75[1]. 76f.; in Athen 26; in Rom 26
Weber, Wilh. 81
Weckeruhr Platons 25
Wegmesser 57ff. 61
Weihwasserautomat 61
Weihwasserbecken 61
Weißung (λεύκωσις) 110. 120
Weltkarte des Anaximander 10
Wescher 84
Widder (karthag. Erfindung) 17[3]; (des Diades) 27
Wildesel 89
Windbüchse 95
Wurfgeschütze d. Archimedes 31
Wurfmaschinen 16. 84

X.

Xanthos 3
Xenophanes 3
Xerxes 4. 69

Y.

Yung-lo, Kaiser 101

Z.

Zahl 12ff. 20; Zahl π bei Hesiod 37[2]; bei Archimedes 30; s. Dreizahl, Vierzahl, Siebenzahl, Zehnzahl
Zauberbeschwörungen 118
Zauberbuch 125
Zauberknoten 45
Zehnzahl 15
Zeißscher Signalapparat 82
Zeitmessung durch die Schattenlänge 25
Zinn 120. 121.
Zirkel, Quadratur 13
Zopyros aus Tarent 19f. 89
Zoroaster 113
Zosimos v. Panopolis 109. 111. 115. 116. 128f.

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern. Von **H. Blümner.** 4 Bde. Mit zahlr. Abbildungen. gr. 8. Geh. M. 53.60. I. Band. 2. Auflage. 1912. Geh. M. 14.—, geb. M. 17.—. II. Band. 1879. M. 10.80. III. Band. 1884. M. 10.80. IV. Band. 1. Abt. 1886. M. 10.80. IV. Band. 2. Abt. 1887 . . . . M. 7.20

I. Die Bereitung des Brotes. II. Die Verarbeitung der Gespinstfasern. 1. Verarbeitung der Schafwolle, 2. Die Verarbeitung der übrigen Gespinstfasern. III. Nähen, Sticken, Filzen. IV. Die Färberei. V. Die Verarbeitung der Tierhäute. VI. Die Fabrikation geflochtener Waren. VII. Die Fabrikation des Papiers und Schreibmaterials. VIII. Die Fabrikation der Öle und Salben.

„. . . Die zahlreichen Arbeiten der Zwischenzeit und die instruktiven neugefundenen Denkmäler des Altertums sind sorgfältig einbezogen. Die Zitate aus der alten Literatur revidiert, das Illustrationsmaterial teils verbessert, teils außerordentlich vermehrt. . . . Das prächtige Buch in seiner neuen Gestalt darf des Dankes der Philologenwelt sicher sein." **(Literarisches Zentralblatt.)**

Naturwissenschaften und Mathematik im klassischen Altertum. Von **J. L. Heiberg.** Mit 2 Figuren. Geh. M. 1.—, geb. . . . . M. 1.25

„Der Verfasser weiß in fesselnder Sprache auf dem kleinen Raum den gewaltigen Stoff mit großer Kunst vor uns aufzurollen. Dabei ist kein Name von Bedeutung übergangen worden. Sehr erfreulich scheint mir der Umstand, daß auch die Medizin der alten Welt mit besonderer Liebe mit in die Naturwissenschaften hineingenommen worden ist. Die inhaltsreiche und sehr interessante Schrift kann jedem dringend empfohlen werden." **(Physikalische Zeitschrift.)**

Die dekorative Kunst des Altertums. Von **Frederik Poulsen.** Autor. Übersetzung von Oswald Gerloff. Mit 122 Abb. Geh. M. 1.—, geb. M. 1.25

Sucht, auf der wissenschaftlichen Erforschung der Stilzusammenhänge fußend, die reiche Ornamentwelt des Altertums weiteren, vor allem den technisch interessierten Kreisen zugänglich zu machen. Unter Betonung der technologischen Seite wird behandelt: 1. die dekorative Kunst der Steinzeit, 2. die dekorative Kunst Ägyptens, 3. Altorientalische Ornamentik, der kretisch-mykenische Stil, 5. Griechische Keramik, 6. dorischer, ionischer und korinthischer Stil, 7. Hellenistisch-römische Dekoration.

Friedrich Lübkers Reallexikon des klassischen Altertums. 8. Auflage in vollständiger Neubearbeitung herausgegeben von **J. Geffken** und **E. Ziebarth.** In Verbindung mit **B. A. Müller.** Unter Mitwirkung von E. Hoppe, W. Liebenam, E. Pernice, M. Wellmann u. a. Mit 8 Plänen. [XII u. 1152 S.] Lex.-8. 1914. Geh. M. 26.—, geb. M. 28.—. Ausgabe mit Schreibpapier durchschossen in 2 Bänden geh. M. 32.—, geb. . . . . . M. 36.—

Die Neubearbeitung des Lübkerschen Reallexikons will den häufig geäußerten Wünschen nach einem Buche entsprechen, das in knapper Form, vor allem durch Hinweise auf die nötigen Quellen und Hilfsmittel, dem Suchenden Belehrung über Einzelheiten aus der Literatur und dem ganzen Leben der Antike bringen soll. Es soll in keiner Weise die große Pauly-Wissowasche Realenzyklopädie ersetzen oder gar verdrängen; beider Ziele sind völlig andere: der Lübker gibt keine selbständigen Abhandlungen wie jene vorzüglichen, in der Wissenschaft stetig verwerteten Artikel der Realenzyklopädie, sondern gibt in einem im Charakter von Notizen gehaltenen Stile den nötigen Apparat über die Tatsachen und die Forschung unter Verzicht auf alle subjektiven Urteile über Personen und Sachen, weshalb auch seine Artikel ohne den Namen des Verfassers bleiben. Das so völlig neugeschaffene Buch hofft sich als ein nützliches, die philologisch-historischen Studien in weiterem Umfange förderndes Unternehmen zu erweisen. Es wird insbesondere ebenso dem Philologen an den höheren Schulen in Verbindung mit den Fortschritten der Wissenschaft zu bleiben erleichtern, wie dem Forscher auf verwandten Gebieten, dem neueren Historiker, dem Kunst- und Literaturhistoriker, dem Theologen wie Juristen sich über die grundlegenden und verwandten Erscheinungen auf dem Gebiete der antiken Kultur bequem zu unterrichten ermöglichen.

sch·
ltur



UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 00273 6851
